الدكتور
فلاح أبو نقطة
أستاذ في كلية الزراعة
جامعة دمشق

استصلاح الأراضي (2)

حقوق التأليف والنشر والطبع محفوظة لجامعة دمشق

1416 - 1417 هـ
1995 - 1996 م

Scanné avec CamScanner

الفصل الأول

الترب المتأثرة بالأملاح

Salt - Affected Soils

تحتوي الترب على مقادير متباينة من الأملاح الذوابة في الماء ومن الصوديوم الممتز على سطوح غرويداتها، وإن زيادة نسبة الأملاح هذه أو الصوديوم الممتز على حد معين تؤدي إلى إعاقة النمو العادي للمزروعات وبالتالي إلى انخفاض مستوى إنتاجيتها. وتدعى مثل تلك الترب تراباً متأثرة بالأملاح أو متملّحة، وهي تضم الترب المالحة Solonchaks والترب القلوية Solonetz والترب المالحة القلوية Solonchak-Solonetz وغيرها.

تشغل هذه الترب مساحات واسعة من الأراضي الزراعية في العالم في مختلف المناخات وبخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة، ويبيّن الجدول (1 – 1) مصادر الترب في العالم والعوامل الرئيسة التي تحد استخدامها في الزراعة، وتدل الدراسات المتعددة إلى أن نسبة هذه الترب تزيد على 7 % من مساحة اليابسة، وتصل إلى نحو 50 % من مساحة الأراضي المروية، لذا فإن معظم بلدان العالم تعاني من مشكلة ملوحة الترب بدرجات متفاوتة، إن هذه المشكلة آخذة بالتفاقم نظراً لتوسع رقعة الأراضي المروية في العالم وما يرافقها من سوء استخدام الوسائل الكفيلة بالحد من انتشار الملوحة أو التخلص منها. وتبيّن الجداول (1-2،4) توزع الترب المالحة والمقلونة في العالم موزعة على القارات والبلدان.

جدول (1 - 1) مصادر ترب العالم والعوامل الرئيسة المحددة لزراعتها

(FAO, 1978)

	Drought	Mineral stress	Shallow depth	Water excess	Permafrost	No serious limitations
	% of total land area					
North America	20	22	10	10	16	22
Central America	32	16	17	10	-	25
South America	17	47	11	10	-	15
Europe	8	33	12	8	3	36
Africa	44	18	13	9	-	16
South Asia	43	5	23	11	-	18
North and Central Asia	17	9	38	13	13	10
Southeast Asia	2	59	6.	19	-	14
Australasia	55	6	8	16	-	15
WORLD	28	23	22	10	6	11

جدول (1 - 2) التوزع الاقليمي للترب المتأثرة بالأملاح،

محسوبة 1000 هكتار (مسعود، 1974)

Regions	Solonchaks	Saline phase	Solonetz	Sodic phase	Total
Europe					50 804
North America		6 191	9 564		15 755
Mexico and Central America	242	1 723			1 965
South Americ	10 461	58 949	14 790	44 963	129 163
Africa	43 579	47 705	1 881	5 356	98 512
South Asia	47 233	36 077		1 798	85 108
North and Central Asia	22 465	69 156	30 062	90 003	211 686
South East Asia		19 983			19 983
Australasia	16 567	792	38 111	301 860	357 330
Total	140 547	240 576	94 408	443 980	970 315

يبيّن الجدول (1 - 2) أن مساحة الترب المتأثرة بالأملاح تبلغ قرابة 1000 مليون هكتار، يقع أكثر من ثلثها في استرالية تأتي بعدها آسية فأمريكة ثم أفريقية وأخيراً أوروبة.

جدول (1 - 3) توزّع الأراضي المتأثرة بالأملاح في العالم عدا أوروبة

(المساحة بآلاف الهكتارات)

Country	Solonchaks	Saline phase	Solonetz	Alkaline Phase	Total
North America					
Canada		264	6 974		7 238
U.S.A.		5 927	2 590		8 517
Mexico and Central America					
Cuba		316			316
Mexico	242	1 407			1 649
South America					
Argentina	1 905	30 568	11 818	41 321	85 612
Bolivia		5 233	716		5 949
Brazil	4 141		362		4 503
Chile	1 860	3 140		3 642	8 642
Colombia	907				907
Equador	387				387
Paraguay		20 008	1 894		21 902
Peru	21				21
Venezuela	1 240				1 240
Africa					
Afars and Issas Territory	59	1 682			1 741
Algeria	1 132	1 889		129	3 150
Angola	126	314	86		526
Botswana	1 131	3 878		670	5 679
Chad	2 417		3728	2 122	8 267
Cameroon				671	671
Egypt	3 283	4 077			7 360
Ethiopia	319	10 289		425	11 033
Gambia		150			150
Ghana	200			118	318
Guinea		525			525
Kenya	3 501	909		448	4 858
Liberia		362	44		406
Libya	905	1 552			2 457
Madagascar	37			1 287	1 321

Country	Solonchaks	Saline phase	Solonetz	Alkaline Phase	Total
Africa (cont.)					
Mali		2 770			2 770
Mauritania	150	490			640
Morocco	42	1 106			1 148
Niger			11	1 378	1 489
Nigeria	455	210		5 837	6 502
Guinea Bissau		194			194
Rhodesia				26	26
Senegal	141	624			765
Sierra Leone		307			307
Somalia	1 043	526	3 754	279	5 602
South West Africa	562		1751		2 313
Sudan		2 138		2 736	4 874
Tanzania		2 954		583	3 537
Tunisia	990				990
Zaire		53			53
Zambia				863	863
South Asia					
Afghanistan	2 924	177			3 101
Bangladesh		2 479		538	3 017
Burma	634				634
India	2 979	20 243		574	23 796
Iran	24 817	1 582		686	27 085
Iraq	6 679	47			6 726
Israel	28				28
Jordan	74	106			180
Kuwait	209				209
Muscat and Oman	290				290
Pakistan	1 103	9 353			10 456
Qatar	225				225
Sarawak		1 538			1538
Saudi Arabia	6 002				6 002
Sri Lanka	180	20			200
Syria		532			532
UAE	1089				1089

Country	Solonchaks	Saline phase	Solonetz	Alkaline Phase	Total
North and Central Asia					
China	7 307	28 914		437	36 658
Mangolia	3 728	342			4 070
Solomon Island		238			238
U.S.S.R.	11 430	39 662	30 062	89 566	170 720
South East Asia					
Indonesia		13 213			13 213
Cambodia		1291			1 291
Malaysia		3 040			3 040
Thailand		1 456			1 456
Viet Nam		983			983
Australasia					
Australia	16 567	702	38 111	30 1860	357 240
Fiji		90			90

1) Data compiled from the FAO/Unesco Soil Map of the world 1981 عن فتحي مسعود

جدول (1 - 4) توزّع الأراضي المتأثرة بالأملاح في أوروبة

Continent	Country	Area, 1000 ha			
		Saline/ Solonchaks	Sodic/ Solonetz	Potential Salt affected Soils	Total
Europe	Czechoslovakia	6.2	14.5	85.0	105.7
	France	175.0	75.0	-	250.0
	Hungary	1.6	384.5	885.5	1271.6
	Italy	50.0	-	400.0	450.0
	Rumania	40.0	210.0	-	250.0
	Spain	/	/	/	840.0
	USSR	7546.0	21998.0	17781.0	47235.0
	Yugoslavia	20.0	235.0	-	255.0

Source : Szabolcs, 1974

مصادر الأملاح وظروف تجمعُها في الترب :

تعد الصخور المهلية (Magmatic) المصدر الأساسي لتكوين الأملاح على سطح الأرض، إذ تكونت الملوحة نتيجة لتجوية تلك الصخور، وتجمعت في المحيطات والبحار وكذلك في القارات.

أما ملوحة الصخور الأم والترب فترجع إلى أسباب ومصادر متعددة يمكن تلخيصها بما يلي:

1 ـ الصخور الرسوبية :

عند تجوية الصخور تتكونُ كميات كبيرة من الأملاح الذوابة، إذ تبلغ كمية الأملاح التي تنقلها المياه من اليابسة إلى المحيطات 2,375 مليار طن سنوياً، بينما يبلغ مقدار الأملاح المتجمعة في القارات نحو 1 مليار طن سنوياً (KOVDA). فعند ظهور الرسوبيات البحرية المالحة على سطح الأرض، أو عند تكشُّف الصخور القارِّية المالحة وما تحتويه هذه الصخور من أملاح ذوابة فإنها تعمل على تمليح الصخور الأم والترب. وتنتشر مثل هذه الصخور حالياً في المناطق الصحراوية والقاحلة من العالم.

2 ـ البحار والمحيطات:

تسهم مياه البحر والمحيطات بفعالية في تملُّح الصخور الأم والترب وبخاصة في السهول الساحلية والأهوار والخلجان، ويمكن أن يمتد تأثيرها لمسافات كبيرة داخل القارات كما هو ملاحظ في السواحل الغربية لأمريكا الجنوبية، إذ تعاني من الملوحة ترب الشريط الساحلي وبعرض 5 ـ 20 كم، وذلك من خلال تسرب المياه إلى المناطق المجاورة. كما تساعد الرياح على نقل رذاذ مياه البحار والمحيطات إلى أماكن بعيدة عن الشاطيء.

3 ـ جفاف البحيرات المالحة :

تنتشر مساحات شاسعة من الترب المالحة نتيجة لتكونها في مواقع بحيرات مالحة جفّت وتركت تراكيز عالية من الأملاح، ومثل هذه الحالات واضحة للعيان

حول بحر قزوين وفي آسيا الوسطى، إذ تتشكل ترب مالحة تدعى Shor أو سولنتشاك آسيا الوسطى، كما تشاهد الترب المالحة حول البحيرة الكبرى في ولاية يوتاه في الولايات المتحدة، وبهذه الطريقة تملحت كثير من الترب في مناطق السبخات في سورية. كما يعمل جفاف البحيرات الأقل ملوحة على تكوين الترب المتملحة أيضاً، ومثال ذلك أراضي منطقة العتيبة شرقي غوطة دمشق، إذ تنتشر فيها ترب متملحة بدرجات متفاوتة، وهذا ما بينته دراسة ترب وديان الربيع في المنطقة المذكورة (أبو نقطة 1981 ، 1994).

4 ـ الرياح :

تتعرض بعض الأراضي للتملح نتيجة لنقل الأملاح بوساطة الرياح سواء من مصادر مائية أو مصادر قارية، ولقد سبقت الإشارة إلى وضوح هذه الظاهرة في السواحل الغربية لأمريكا الجنوبية، وكذلك في الأماكن المجاورة لانتشار البحيرات المالحة أو السولنتشاك.

وبفعل الرياح تترسب كمية من الأملاح تتراوح بين 2 – 20 طناً/كم^2 سنوياً في مناطق محددة من اليابسة. وفي حوض القولغا الأدنى يسقط وسطياً نحو 0.5 طناً/كم^2 من الأملاح الذوابة مع مياه الهطل السنوي (عن USOV) .

5 ـ البراكين :

يترافق ثوران البراكين مع انطلاق كميات هائلة من الغازات والأبخرة التي تحوي الكلور والكبريت حيث تسهم في تكوين الملوحة الكلوريدية والسلفاتية.

6 ـ الماء الأرضي :

يُعد الماء الأرضي أحد مصادر ملوحة التربة، وتزداد خطورته مع ازدياد تركيزه ونوعية الأملاح فيه وقرب مستوى توضعه من سطح التربة. فعند تبخره تترسب الأملاح الذوابة عاملة على تمليح التربة، وفي كثير من الأحيان يُعد هذا

العامل هو الأكثر أهمية في تملح الترب وبخاصة في المناطق الجافة. ويمكن تحديد العمق الحرج للماء الأرضي استناداً إلى معادلة (KOVDA) التالية :

$$L = 170 + 8\,t^{o} \pm 15$$

حيث :

L – العمق الحرج للماء الأرضي؛ بالسنتمتر.

t^{o} – المتوسط السنوي للحرارة، م°.

وتصلح المعادلة السابقة في كثير من ظروف آسيا الوسطى والصين والهند وباكستان ومصر.

أما التركيز الحرج للأملاح في الماء الأرضي فيتوقف على نوعية الملوحة من جهة وعلى عمق هذا الماء من جهة أخرى.

وفي المناطق الجافة يمكن أن تزيد كمية البخر السنوي الممكن عدة مرات على كمية الهطل السنوي، فإذا توضع الماء الأرضي قريباً من سطح التربة فقد يزيد ما يبخر منه على 1500 مم سنوياً وهذا يعادل 15 ألف $م^3$/هكتار، وبإجراء حساب بسيط يمكن معرفة كمية الأملاح التي يمكن أن تترسب أو تزيد تركيز الماء الأرضي نتيجة التبخر إذا كان تركيزه 3 غ/ل مثلاً، وذلك من المعادلة التالية :

$$St / ha = E \cdot C$$

حيث :

S – كمية الأملاح المترسبة طناً/هكتار.

E – حجم الماء المتبخر بالألف متراً مكعباً/هكتار.

C – تركيز الأملاح في الماء الأرضي غ/لتر.

في المثال السابق تبلغ كمية الأملاح التي يمكن أن تترسب في هكتار واحد سنوياً إذا انقطعت تغذية الماء الأرضي:

15 × 3 = 45 طناً / هكتار

وهذه الكمية تعادل 1٪ من وزن التربة لعمق 30 سم ولمساحة هكتار واحد بفرض أن كثافة هذه الطبقة 1.4 غ/سم^3. وهذا يعني أن التربة قد تخرج من الاستثمار الزراعي إذا تعرضت للظروف المذكورة خلال عام واحد.

7 ـ النباتات :

تلعب النباتات المَلِحَة Halophytes والجفافية Xerophytes دوراً كبيراً في امتصاص الأملاح من الطبقات العميقة للتربة لتوضعها بعد موتها وتمعدنها في الآفاق السطحية للتربة، ويمكن ادراك هذا الدور إذا علمنا أن جذور هذه النباتات تتعمق لمسافات كبيرة داخل الأرض بحثاً عن الماء، كما تتصف هذه النباتات بمحتواها العالي من الرماد (الأملاح المعدنية) الذي يصل في بعض أنواعها إلى أكثر من 30٪ من وزنها الجاف.

8 ـ الري :

يُعدّ الري من أهم مقومات الانتاج النباتي في المناطق القاحلة ونصف القاحلة، فإذا استخدم بأساليب غير سليمة فإنه سيعمل على تملح التربة.

ويطلق على الملوحة الناشئة عن استخدام الإنسان للتربة الملوحة الثانوية، وتتولد عن أسباب عدة، يأتي الري السيء في مقدمتها اضافة إلى سوء الصرف.

9 ـ المناخ :

تتوقف شدة عمليات توزّع الأملاح وتجمعها في الترب على الظروف المناخية وبخاصة النسبة ما بين كمية الهطل السنوي ومقدار البخر. ففي المناخات الرطبة يكون النظام المائي غسلياً، وهذا يعني غسل التربة سنوياً بمياه الهطل، لذا تغسل الأملاح الذوابة إلى الطبقات العميقة من الأرض خارج حدود التربة. أما في المناخات الجافة والصحراوية حيث يفوق البخر السنوي كمية الهطل عدة مرات،

فإن الأملاح ستتراكم في الصخور الأم والمياه الأرضية عاماً بعد آخر، وهذا بدوره يوفر الظروف الملائمة لتملُّح الترب مما يؤدي إلى انتشارها الواسع في مثل هذه المناخات.

وتظهر النّطاقية بوضوح في توزع الأملاح على سطح اليابسة، إذ يلاحظ أعلى تركيز للأملاح في مياه وترب المناطق الصحراوية، وأخفض تركيز للأملاح في مياه وترب مناطق السهوب الغابية، وذلك حسب الجدول رقم (1 - 5) التالي :

جدول (1 - 5) تجمع الأملاح في المياه والترب المالحة للمناطق الطبيعية المختلفة

(عن KOVDA)

المنطقة	أعلى تركيز للأملاح في المياه غ/لتر			أعلى تركيز للأملاح الذوابة في الآفاق السطحية للسولونتشاك ٪	نوعية الأملاح في السولونتشاك
	الأنهار	المياه الجوفية	البحيرات المالحة		
الصحراوية	90 - 20	220-200	450-350	25 - 15	Na Cl , $Na NO_3$, $Mg Cl_2$, $Mg SO_4$
السهبية الجافة (نصف الصحراوية)	30 - 10	150-100	350-300	8 - 5	NaCl, $Na_2 SO_4$ $Ca SO_4$,$Mg SO_4$
السهبية	7 - 3	100-50	250-100	3 - 2	$Na_2 SO_4$ NaCl, $Na_2 CO_3$
السهبية الغابية	1 - 0.5	3 - 1	100-10	1-0.5	$Na_2 CO_3$, $Na_2 SO_4$ $Na_2 SiO_3$

ويوضح الجدول السابق أن النطاقية لا تؤثر في تركيز الأملاح فحسب وإنما في نوعيتها أيضاً، ويرجع هذا إلى الظروف المناخية التي تحدد نوعية العمليات الجيوكيمائية والبيوكيميائية في كل منطقة.

10 – التضاريس :

تؤثر التضاريس بصورة واضحة في توزع الملوحة، إذ تنتشر الترب المالحة عادة في المناطق المنخفضة كالوديان والدالات والشواطئ. ويكون دور التضاريس الدقيقة واضحاً بجلاء في المناطق السهبية الجافة، إذ تعمل على تكوين غطاء أرضي معقد (فسيفسائي) من خلال التأثير المتباين للتضاريس المختلفة في النظام المائي للترب، حيث تتكون أنماط متعددة من الترب تختلف في ملوحتها في مساحة محدودة من الأرض.

11 – الظروف الهيدرولوجية أو الخصائص المائية للصخور الأم والترب:

وهي التي تحكم حركة الماء واتجاهه، وتتعلق بالتركيب الميكانيكي والبنية والمسامية وسائر العوامل المحددة لحركة تيارات المياه صعوداً أو نزولاً أو في الاتجاهات كافة.

مفاهيم أولية

حول آلية تجمُّع الأملاح ومكافحتها

لفهم آلية عمليات تجمع الأملاح واعداد الاجراءات اللازمة لمكافحة التملح، يجب الاهتمام بدراسة المفاهيم والثوابت التالية:

1 ـ التمعدن الحرج للمياه الأرضية (تركيز الأملاح):

وهذا يعني الحد الأقصى المقبول لتمعدن المياه الأرضية، والذي إذا تمَّ تجاوزه في الظروف الهيدرومورفية لتكوين الترب، فإن صعود المياه الأرضية شعرياً سيؤدي إلى تملح الآفاق السطحية للتربة وموت المزروعات.

ويختلف ذلك الحد حسب نوعية الملوحة، إذ يتراوح بين 2-3 غ/ل للملوحة السلفاتية الكلورية، بينما ينخفض إلى 0.7 - 1 غ/ل للملوحة الصودية. وإذا لم يتجاوز تمعدن المياه الأرضية الحدود المذكورة، فإن هذا يؤدي إلى تنامي عملية التكوين الهيدرومورفي للتربة وتتكون ترب خصبة تساعد على امكان انتاج كميات كبيرة من النباتات الطبيعية أو انتاج المحاصيل الزراعية كالقطن والفصة والشوندر وقصب السكر وغيرها. أما إذا تجاوز تركيز الأملاح في الماء الأرضي الحدود الحرجة، ففي الظروف الهيدرومورفية ستبدأ عملية تملح التربة وستنخفض خصوبة التربة بشكل حاد.

عند الاستصلاح التقاني المائي للترب المالحة يجب تخلية الماء الأرضي إلى ما دون الحدود الحرجة المذكورة.

2 ـ العمق الحرج لمستوى المياه الأرضية المعدنة (المالحة):

يعبّر العمق الحرج لمستوى الماء الأرضي المعدن عن العمق الذي لو قلّ عن ذلك لأدى إلى ارتفاع الماء المالح بالخاصة الشعرية ليصل إلى سطح التربة أو آفاق الجراثة، ويؤدي هذا إلى تجمع الأملاح في التربة وضرر النباتات وموتها.

ومع ازدياد ملوحة الماء الأرضي يزداد العمق الحرج لتوضعه. وعند تمعدن المياه الأرضية بمقدار 10 – 15 غ/ل في ظروف المناطق القاحلة من آسية وأفريقية وأوربة، فإنه يمكن عدّ العمق الحرج وسطياً 2 – 2.5 متراً.

وبوجود الاستصلاح التقاني المائي للترب المالحة (كالصرف والغسل والري) فيجب الحفاظ خلال موسم النمو النباتي، على مستوى ماء أرضي في الترب المروية أعمق من المستوى الحرج أي يزيد وسطياً على 2 – 2.5 متراً. وعندما يكون تركيز الأملاح في الماء الأرضي 1 – 2 غ/ل، وفي ظروف الصرف والري فيمكن أن يتوضع الماء الأرضي على عمق 1 – 1.5 متراً دون أن يؤدي ذلك إلى تملح التربة.

يتعلق العمق الحرج لتوضع الماء الأرضي المالح بمقدار وشدة التبخر المرتبطة بالظروف المناخية للموقع. ويمكن بصورة تقريبية ارتباطه بالمتوسط السنوي للحرارة وذلك حسب معادلة كوفدا التي سبقت الإشارة إليها:

$$L = 170 + 8\ t^{\circ} \pm 15$$

3 ـ بداية السمّية الفيزيولوجية للأملاح:

إن أكثر الأملاح سمّية للنباتات هي بيكربونات القلويات وبخاصة الصودا ثم كلوريدات ونترات القلويات، وأقلها سمّية السلفات، وإن مزيج الأملاح يكون دوماً أقل سمّية من المحاليل النقية لملح واحد. ويبدأ ضرر المزروعات من الملوحة الصودية بالوضوح إذا بلغ محتوى البيكربونات في طبقة الحراثة 0.08٪ عند 8.7 PH – 9.0. أما إذا بلغ محتوى البيكربونات 0.1 – 0.2٪ عند 9.5 PH – 10.0 فتموت عادة المحاصيل الزراعية.

في الملوحة الكلورية يبدأ ضرر المزروعات عندما يصل محتوى شاردة الكلور في التربة 0.05 – 0.1٪. ووسطياً فإنه عند نسبة من الأملاح تتراوح بين 0.4 – 0.8٪ فإن معظم المزروعات تنمو بصورة غير عادية وتعطي انتاجاً منخفضاً. وإذا

بلغ محتوى الأملاح في أفق الحراثة 1,5٪ أو أكثر فإن معظم المزروعات لا تنمو أبداً أو تنمو بصورة غير عادية ولا تعطي أي منتج زراعي.

4 ـ التركيز المثالي للأملاح في محاليل التربة:

يتراوح التركيز المثالي للأملاح سهلة الذوبان المتواجدة في محاليل الترب المروية بحدود 3 – 5 غ/ل. وعند تركيز أكبر من 5 – 6 غ/ل يبدأ ضرر المزروعات بصورة خفيفة ، وإذا زاد التركيز على 10 – 12 غ/ل يبدأ ضرر شديد، أما إذا وصل التركيز إلى 20 – 25 غ/ل فإن المزروعات ستموت.

5 ـ الكمية السامة من الصوديوم التبادلي :

تبدأ أذية (ضرر) خفيفة في المزروعات عندما تبلغ نسبة الصوديوم التبادلي 10 – 15٪ من السعة التبادلية للتربة. وعندما تصل هذه النسبة إلى 20 – 35٪ فإن ضرر النباتات يبلغ مقداراً جسيماً. وعلى مثل تلك الترب يجب استخدام المصلحات الكيميائية لخفض نسبة الصوديوم التبادلي إلى ما دون 10٪ من السعة التبادلية.

ويمكن عدُّ الترب غير مالحة تلك التي تحتوي في طبقة الحراثة وطبقة انتشار المجموعة الجذرية على نسبة من الأملاح تقل عن 0.3 – 0.4٪ خلال فترة النمو النباتي بأكملها.

وتُعدّ الترب غير قلوية تلك التي يتراوح رقم حموضتها (PH) بحدود 7 – 8.4 ولا تزيد القلوية العامة على 0.06٪ بصورة $H\,CO_3$.

6 ـ تأثير زيادة محتوى الأملاح في المزروعات:

يمكن تلخيص تأثير تراكيز الأملاح العالية في البذار والمزروعات بما يلي :

آ ـ اعاقة نمو النبات :

يعمل المحتوى الزائد من الأملاح في التربة على تأخير عملية انتباج البذور وانبات المزروعات. ويظهر الانبات في الترب المالحة بصورة رديئة وبأوقات متباينة

مع تأخر كبير. وتبدو البادرات غير طبيعية (عادية) وعليلة مائية وهشّة. كما أن نمو المجموعة الجذرية وكذلك الوريقات الأولية يتم ببطء وبصورة غير طبيعية.

وكذلك يكون نمو المزروعات في الترب المالحة في فترة الإزهار والعقد غير طبيعي. وتبقى النباتات قزميَّة غير مكتملة النمو، كما يكون عدد مواقع الإثمار منخفضاً للغاية.

وتؤثر الملوحة بصورة قاتلة في القطن، ويظهر ضرر نبات القطن من الأملاح، من خلال تساقط كثير من البراعم والأزهار والعقد، ونتيجة لذلك انخفاض شديد في الانتاجية.

ب ـ اختلال الوظائف الحيوية للنبات :

إن احتواء التربة على الأملاح الذوابة وارتفاع الضغط الحلولي لمحاليل التربة أكثر من قوة امتصاص الجذور يقلل من تيسر الماء للنباتات، ويؤدي هذا إلى اختلال الوظيفة الحيوية للمجموعة الجذرية للنباتات في الترب المالحة. كما يختل النظام المائي، إذا يدخل الماء إلى النباتات بصعوبة كبيرة، أو يبقى الماء غير متيسر فيزيولوجياً، كما تختل التغذية المعدنية وحلول عناصر التغذية المعدنية في النبات. إن أكثر الأملاح أذية للنباتات تأتي من الافراط في امتصاص مركبات كلوريدات الصوديوم والمغنزيوم، سلفات المغنزيوم، السيليس، ومركبات الألمنيوم. كما تختل عملية تنفس النبات، ويضعف الكلوروفيل وتختل عملية الاصطناع الضوئي.

جـ ـ انخفاض الانتاج وتدني نوعيته :

إذا استطاعت النباتات الوصول إلى مرحلة الإثمار وانتاج المحصول، فعادة ما يكون هذا المحصول منخفضاً في كميّته سيئاً في نوعيّته. فالقطن مثلاً يعطي انتاجاً في الترب المالحة أقل بنسبة 50 – 60٪ مقارنة مع الترب غير المالحة، كما أن نوعية التيلة تكون أسوأ إذ أن 10 – 20٪ منها تكون أقل من العادية، أما الشوندر وعلى الرغم من تحمله للملوحة فإن انتاجه ينخفض بنسبة 15 – 25٪ في الترب المالحة وتنخفض كذلك نسبة السكر فيه، وتظهر مرارة وملوحة في عصيره الخلوي وهذا يزيد صعوبة تقانات استخراج السكر منه. أما محصول الحبوب على الترب المالحة فينخفض بنسبة 30 – 50٪ مقارنة بالترب غير المالحة كما تسوء نوعية الحبوب إذ تصبح ضامرة صغيرة.

الفصل الثاني

أهم الأملاح الذوّابة المنتشرة في ترب ومياه المناطق القاحلة

تقسم الأملاح الذوابة المذكورة إلى المجموعات التالية :

أولاً ـ أملاح حمض الكربون (الكربونات) :

تنتشر أملاح حمض الكربون بشكل واسع في الترب والمياه الأرضية في الصحارى، وأشباه الصحارى والسهوب وحتى السهوب الغابية. ويتعلق تأثير تلك الأملاح بتركيبها وكميتها التي تتراكم في التربة وكذلك بدرجة ذوبانها وسميتها للنباتات وبتأثيرها في النظام المائي. وتضم أملاح حمض الكربون ما يلي :

1 ـ كربونات الكالسيوم : ملح ضئيل الذوبان إذ يبلغ ذوبانه 0.013 غ/ل. إلا أن انحلال أو ذوبان هذا الملح يزداد كثيراً بوجود غاز الكربون نتيجة لتكوين بيكربونات الكالسيوم حسب المعادلة التالية :

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightleftarrows Ca(HCO_3)_2$$

إن محاليل كربونات الكالسيوم، كملح لأساس قوي وحمض ضعيف ، وفي غياب حمض الكربون الحر، تتصف بقلوية عالية معطية PH 10 – 10.2. إلا أن وجود حمض الكربون بكميات مماثلة لما هي عليها في التربة يعمل على خفض قلوية محلول بيكربونات الكالسيوم ليصل الـ PH إلى (7,5 – 8,5). وعند وجود كمية

كبيرة من حمض الكربون فإن انحلالية $CaCO_3$ ترتفع إلى 0.4 – 1 غ/ل وينخفض PH المحلول عندها إلى (6.1 – 6.8). يبين الجدول رقم (2 – 1) تأثير الـ PH في انحلالية $CaCO_3$ في الماء.

جدول رقم (2 - 1) تاثير الـ PH في انحلالية $CaCO_3$ في الماء

PH	انحلالية $CaCO_3$ م.مكافئاً/لتر
6,21	19,3
6,50	14,4
7,12	7,1
7,85	2,7
8,60	1,1
9,20	0,8
10,12	0,4

ونتيجة لقلة انحلال كربونات الكالسيوم في الترب فإنها تكون غير ضارة لمعظم المزروعات، غير أن النباتات المتأقلمة مع ظروف الترب الاستوائية وشبه الاستوائية الحامضية مثل (البن، الكاكاو، الموز، الشاي، وبعض الحمضيات) فإنها لا تستطيع تحمل المحتوى العالي من كربونات الكالسيوم.

تتصف سائر المياه العذبة النهرية أو الجوفية باحتوائها على كميات محسوسة من بيكربونات الكالسيوم المنحلة. كما أن الرواسب في المناطق القاحلة المتوضعة من مياه الأنهار أو البحيرات أو البحار تكون غنية دائماً بكربونات الكالسيوم إذ تصل نسبتها 7 – 15٪ . ويحدث تجمع لكربونات الكالسيوم في آفاق التربة من الماء الأرضي عندما يتوضع على عمق قريب من سطح التربة بعد تبخر ونتح الماء. وتكون ترب السهوب الجافة والصحارى كربوناتية (كلسية) بصورة دائمة.

تبلغ نسبة $CaCO_3$ في ترب السهوب الصحراوية وكذلك في اللوس نحو 10 – 20٪، وفي بعض الأحيان تصل 50 – 80٪ من وزن التربة. وهي تبلغ نحو 50٪ من وزن التربة في مزرعة كلية الزراعة بأبي جرش، وكذلك في خرابو، وهذه النسبة تعبر عن محتوى كربونات الكالسيوم في معظم ترب غوطة دمشق، وتوجد بعض الترب في وديان الربيع على الحدود الشرقية لغوطة دمشق تحوي على أكثر من 90٪ من وزنها كربونات كالسيوم وهي ترسبات بحيرية رباعية. (أبونقطة 1981و1994).

تنتشر كربونات الكالسيوم في معظم ترب سورية، ولكنها تختلف في نسبتها، وتنحصر الترب غير الكلسية في معظم مناطق الجولان وبعض مناطق جبل العرب، والترب الواقعة إلى غرب حمص (ظهر القصير) وبعض الترب الساحلية. أما نسبتها فتبلغ نحو 40٪ في معظم ترب البادية السورية.

ترتبط نسبة كربونات الكالسيوم في الترب السورية مع كمية الهطل من جهة ونوعية الصخور الأم من جهة ثانية، اضافة إلى دور النقل المائي أو الريحي الواضح في بعض مناطق سورية وبخاصة في حوض اليرموك أو حوران (المنطقة الجنوبية) وهذا ما أثبته المؤلف منذ عام 1982 بالدراسة الميكرومورفولوجية.

تكون الآفاق الكربوناتية (الكلسية) عادة شديدة التمليط غير منفذة لجذور النباتات ولمياه الري. ويمكن أن يحدث تراكم كربونات الكالسيوم أحياناً وتمليط التربة بعد استمرار الري فترة 5 – 7 سنوات، مما يؤدي إلى موت أشجار الفاكهة.

لقد لاحظ المؤلف هذه الظاهرة بصورة واضحة في بعض بساتين غوطة دمشق، إذ تعرضت أشجار بعض البساتين هناك إلى الموت نتيجة لوجود طبقة مملطة (اسمنتية) من كربونات الكالسيوم على عمق 60 – 100 سم من سطح التربة وتتراوح سماكتها بين 50 – 80 سم. وقد عانت زراعة الخور في بعض بساتين غوطة دمشق من هذه الظاهرة بعد وصول الأشجار 6 – 8 سنوات من العمر.

عندما تسود في التربة التيارات المائية النازلة وفي ظروف كيميائية فيزيائية معينة فإن كربونات الكالسيوم تغسل تدريجياً، ويسهم بذلك غاز الكربون الناتج عن تنفس الأحياء في التربة، إذ يعمل بوجود الماء على تحويل الكربونات إلى بيكربونات، كما تؤثر في هذه العملية درجة الحرارة والنشاط الحيوي في التربة. ويمكن التعرف بسهولة على كربونات الكالسيوم وتمييزها عن غيرها من الأملاح من خلال معاملتها بقطرات من حمض كلور الماء، فالفوران يحدد هويتها.

2 ـ كربونات المغنزيوم: تتميز كربونات المغنزيوم بذوبانها الأكثر مقارنة مع كربونات الكالسيوم. وعند وجود حمض الكربون يزداد انحلال المغنزيوم بشدة نتيجة لتحولها إلى بيكربونات المغنزيوم. إن ملح كربونات المغنزيوم هو ملح لأساس قوي وحمض ضعيف لذا فإنه عند تحلمهه يعطي المحلول قلوية عالية (pH 9 – 10) شأنه في ذلك شأن كربونات الكالسيوم.

ويمكن أن تؤدي هذه القلوية إلى أذية المزروعات. لذلك فإن وجود كربونات المغنزيوم الحرة في التربة يمكن النظر إليه كمؤشر سلبي يؤدي إلى انخفاض خصوبة التربة، غير أن تجمع كربونات المغنزيوم في الترب بصورة حرة هي ظاهرة نادرة نتيجة لامتزاز أو امتصاص المغنزيوم من قبل معادن الغضار، وكذلك يتكون في الصحارى الدولوميت $Ca\ Mg\ (CO_3)_2$ وهو ملح غير ذواب عملياً، اضافة إلى تكوين بعض العقيدات الدولوميتية التي تحتوي على كربونات المغنزيوم بنسبة 2.5٪.

3 ـ كربونات الصوديوم: إن أملاح كربونات الصوديوم واسعة الانتشار في الطبيعة وتتجمع في الترب أحياناً بكميات كبيرة. وتوجد كربونات الصوديوم في الترب والمياه الأرضية في عدة أشكال هي: كربونات الصوديوم العادية وهي ملح حمض الكربون $Na_2\ CO_3$ وتدعى الصودا وتتبلور في الترب مع كميات مختلفة من الماء ($Na_2\ CO_3\ .\ 10\ H_2O$, $Na_2\ CO_3\ .\ H_2O$).

– إن الصودا Na_2CO_3 ملح شديد الذوبان، إذ تبلغ درجة ذوبانه في الماء 172 غ/ل عند حرارة 20°م، وبفعل الحلمهة فإن الصودا تعمل على قلونة شديدة للمحلول إذ يصل الـ pH 10 – 12.

ونتيجة للقلوية العالية والذوبان الكبير تتصف الصودا بسميّة قصوى لمعظم النباتات. ويعمل وجود الصودا في محاليل التربة إلى بعثرة غرويات التربة، وتهديم البنية وخفض نفوذية الماء. وإن وجودها في التربة حتى بنسبة 0,05 – 0,1٪ ، يسبب انخفاض الخصوبة الطبيعية للتربة نتيجة للقلوية وتهدم البنية .

أما بيكربونات الصوديوم فتتميز بقلوية وسميّة أقل مقارنة بالصودا. ويرجع هذا إلى احتواء بيكربونات الصوديوم على وظيفة حامضية لم تتعدل، وتتكون بيكربونات الصوديوم عند تفاعل كربونات الصوديوم مع حمض الكربون حسب المعادلة :

$$Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O \rightleftarrows 2\,NaHCO_3$$

ويزداد تحول كربونات الصوديوم إلى بيكربونات مع ازدياد تركيز CO_2 في الماء الأرضي أو الهواء الأرضي، ومع انخفاض تركيز CO_2 نتيجة لضعف النشاط الحيوي للأحياء الدقيقة وانخفاض محتوى المادة العضوية أو بفعل تسخين محاليل التربة فإن بيكربونات الصوديوم تتحول إلى كربونات صوديوم.

عند تبخر المياه الأرضية تترسب أملاح الكربونات والبيكربونات وتتجمع في الترب بصورة ملح متبلور ثنائي من Na_2CO_3 و $NaHCO_3$.

إن معظم المياه الطبيعية (الأنهار، الينابيع، الجوفية، البحيرات) التي يتراوح تركيز الأملاح فيها بين 0,5 – 3,0 غ/ل تحتوي كمية مرتفعة من كربونات وبيكربونات الصوديوم. وإن الطمي والترب المتكونة بمساهمة وتأثير مثل هذه المياه ستكون قلوية، كتيمة وقليلة النفاذية.

إلا أن تجمع كميات كبيرة من الصودا في الترب هو نادر نسبياً، ويفسر ذلك بأنه في معظم الترب الصحراوية وشبه الصحراوية يحدث تجمع شديد للجبس

$Ca\,SO_4 . 2\,H_2O$ حيث تتحول الصودا بوجوده إلى كربونات كالسيوم حسب المعادلة:

$$Na_2\,CO_3 + Ca\,SO_4 \rightarrow Ca\,CO_3 + Na_2\,SO_4$$

ولهذا يمكن أن تتجمع كربونات وبيكربونات الصوديوم بكمية كبيرة في تلك الصخور الأم التي لا تحتوي على الجبس.

وتتوافر مثل تلك الظروف في براري الولايات المتحدة وكندا، وفي ترب مناطق التشرنوزوم والسهوب الغابية في منشورية وسيبيرية والسهل الروسي، وسهل هنغارية إذ تصادف في هذه المناطق بحيرات وترب ذات محتوى كبير من الصودا (السولنتشاك الصودية أو السولونتس الصودية). وتحتوي السولونتشاك الصودية على الصودا بنسبة 2 – 5٪ من وزنها.

والترب صودية الملوحة معروفة جيداً في المناطق الجافة الموسمية في الباكستان والهند وفي سافانا أفريقية، وعلى السهول النهرية في الأرجنتين، وتشيلي، والمغرب، وغرب الصين ومنغولية وأرمينية. ينخفض انحلال الصودا بشدة عندما تقل الحرارة عن 5 – 8°م. يؤدي وجود الصودا في التربة إلى انخفاض نفوذية الماء وهذا يجعل غسيل الصودا من التربة خلال فصل السنة البارد الرطب قليلاً جداً. ولهذا يمكن لكربونات وبيكربونات الصوديوم المتكونة أن تميل للثبات والبقاء في التربة.

وتستصلح الترب التي تحتوي على الصودا باستخدام المصلحات الكيميائية التي يأتي الجبس في مقدمتها. لقد أثبت المؤلف وجود نسب منخفضة من الصودا في الترب المروية في حوض اليرموك على عمق يزيد في معظم الأحيان على 100 سم (منطقة المزيريب في مشاريع الري القديم). ولقد عانى من ذلك بعض كروم العنب في المنطقة من خلال انخفاض درجة تيسر المغذيات الصغرى في تلك الظروف.

4 ــ كربونات البوتاسيوم: تقل نسبة كربونات البوتاسيوم في التربة كثيراً عن كربونات الصوديوم، وهما متشابهان عملياً من حيث كثير من خصائصهما وتأثيراتهما في الترب.

Scanné avec CamScanner

تتجمع كربونات البوتاسيوم بنسبة عالية في رماد بعض المزروعات مثل عباد الشمس كما يحتوي رماد بعض النباتات الملحة Halophytic مثل الساكساويل على نسبة كبيرة من كربونات البوتاسيوم. ويستخدم رماد النباتين المذكورين كخامات للحصول على البوتاسيوم (K_2CO_3)، ويؤدي الساكساويل عادة إلى قلونة التربة نتيجة لتحلل مخلفاته.

ثانياً ـ أملاح حمض الكبريت :

تصادف أملاح حمض الكبريت بنسب متباينة في الترب كافة تقريباً. وتتجمع الكبريتات في ترب ومياه المناطق السهبية والصحراوية بكميات كبيرة. وتتغير بشدة الأهمية الزراعية الاصلاحية لأملاح حمض الكبريت تبعاً لتركيبها، وتضم الأملاح التالية:

1 ـ كبريتات الكالسيوم: أكثرها أهمية الجبس وهو ملح غير ضار فيزيولوجياً بالنباتات، ويرجع ذلك إلى أنه قليل الذوبان (نحو 2 غراماً/لتر). وتحوي الترب والصخور الأم في المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية غالباً كميات من الجبس نتيجة لتجمعه بعد تبخر مياه البحيرات أو المياه الأرضية المالحة غير العميقة. وغالباً ما تصادف في الصحارى ترب جبسية قديمة النشأة، حيث اختفى الماء الأرضي منها. وفي الظروف المناخية الجافة جداً للصحارى الموجودة في تشيلي أو الصحراء الكبرى فإن الجبس يتخلى عن بعض مائه متحولاً إلى كتلة غبارية من $Ca\ SO_4\ .\ ^1/_2\ H_2O$ (البالوانهيدريت) ويلاحظ أنه في مناطق آسية الوسطى، والقوقاز، وشمال أفريقية فإن الترب قد تحتوي على الجبس بنسبة 25 – 50٪ وأحياناً 80 – 90 ٪ من وزن التربة.

يتبلور الجبس في الترب بأشكال مختلفة، بدءاً من بلورات ناعمة شفافة أو دقيقة وانتهاء بالبللورات الضخمة أو الورود الصحراوية. وعند وجود محتوى كبير

Scanné avec CamScanner

من الجبس في التربة أو المواد الأم فإنه يشكل كتلة مسامية متصلة، مملطةً كامل الأفق بصورة متينة، إن مثل هذه التجمعات تجعل التربة غير نفوذة لجذور النباتات المتأقلمة مع تلك الظروف.

يُستخدم الجبس على نطاق واسع في استصلاح الترب القلوية التي تحتوي على الصودا والصوديوم الممتز. ويكون الجبس عادة مرافقاً لأملاح حمض كلور الماء وحمض الكبريت التي تتجمع في الترب المالحة.

2 ـ كبريتات المغنزيوم: ويمثلها ملح إبسوميت $Mg\ SO_4\ .\ 7\ H_2O$ ويعد مكوناً نموذجياً للترب المالحة، إذ قد تصل نسبته فيها إلى بضعة أجزاء من مئة، وعادة يتواجد أيضاً في المياه الأرضية المالحة وفي كثير من البحيرات والأوحال المالحة. ونظراً لانحلالية كبريتات المغنزيوم العالية (252 غ/ل) فإنه يتصف بسميّة عالية للغاية، ويندرج ضمن قائمة أكثر الأملاح سميّة وضرراً للنباتات.

ولا تتجمع كبريتات المغنزيوم بصورة نقية في الترب وإنما تشارك دائماً مع غيرها من الأملاح الذوابة.

3 ـ كبريتات الصوديوم: ملح نموذجي للترب المالحة، والمياه الأرضي، والبحيرات والأوحال المالحة. إن سميّة كبريتات الصوديوم أقل بمرتين إلى ثلاث مرات مقارنة بكبريتات المغنزيوم. ونظراً لتغيُّر انحلالية هذا الملح مع الحرارة فإن سلوكه في الترب معقد للغاية. ففي الفترة الحارة من السنة يتحرك ملح كبريتات الصوديوم نحو سطح التربة مترافقاً مع الأملاح الأكثر انحلالاً (كبريتات المغنزيوم، كلور المغنزيوم، كلور الصوديوم). أما في الفصول الباردة فينخفض انحلال كبريتات الصوديوم وبالتالي فإنها لا تغسل مع التيارات المائية النازلة وتبقى في مكانها. وعند انخفاض الحرارة يترسب هذا الملح من محاليله المشبعة بصورة بلورات ضخمة شفافة من الميرابيليت $Na_2\ SO_4\ .\ 10\ H_2O$، ولدى ارتفاع الحرارة يتخلص الميرابيليت عن

Scanné avec CamScanner

مائه متحولاً إلى مسحوق مبيض من ملح تيناردیت $Na_2 SO_4$. ويتبلور أحياناً الملح المذكور مع كبريتات الكالسيوم مكونين ملح جلاوبيريت $CaSO_4 . Na_2 So_4$. وفي ظروف الصحاري الجافة للغاية فإن كبريتات الصوديوم تكون بصورة تيناردیت.

إن تجمع التيناردیت مع الجبس وكربونات الكالسيوم في الأفق العلوي للترب المالحة يسهم في تكوين أفق ملحي غباري (منتفخ) في السولونتشاك. وتصل نسبة كبريتات الصوديوم في مثل هذا الأفق 20 – 30٪.

يتم استصلاح الترب التي تسود فيها كبريتات الصوديوم بالغسل أثناء الفصول الدافئة من السنة لرفع انحلالية الأملاح، ويفضل أن يترافق ذلك الغسل من زراعة الرز المروي.

4 ـ كبريتات البوتاسيوم: لا يتجمع هذا الملح في التربة بكميات كبيرة، وهي تشبه في صفاتها كبريتات الصوديوم إلا أن سميتها للنباتات أقل، وقد يتجمع هذا الملح بكميات ضخمة في بعض المناجم المالحة حيث يستخرج لصناعة الأسمدة.

ثالثاً ـ الكلوريدات :

الكلوريدات هي أملاح حمض كلور الماء، وتُعد مع الكبريتات أهم المركبات التي تؤدي إلى تكوين الترب المالحة. وتتميز بانحلالية عالية وبالتالي بسميّة شديدة للنباتات. ومع ازدياد درجة ملوحة التربة أو المياه تزداد نسبة الكلوريدات فيها، وتضم عدة أملاح أهمها:

1 ـ كلوريد الكالسيوم: يصادف في الترب بصورة نادرة، ويرجع سبب ذلك إلى أن كلوريد الكالسيوم يتفاعل مع كبريتات وكربونات الصوديوم متحولاً إلى كبريتات وكربونات الكالسيوم وتترسب من المحلول. لهذا فإن وجود كلوريدات الكالسيوم هو مميز للترب والمحاليل والبحيرات المالحة عند أقصى درجات ملوحتها عندما يبلغ التركيز 400 – 500 غ/ل. ومن المعروف أيضاً أن كلوريد

Scanné avec CamScanner

الكالسيوم يمكن أن يظهر في الآفاق السطحية للسولونتشاك نتيجة للتفاعل التبادلي بين كلوريد الصوديوم الموجودة في التيارات المائية الصاعدة والكالسيوم الممتز.

إن وجود كميات كبيرة من كلوريد الكالسيوم في المياه العميقة المحصورة ما بين الطبقات الكتيمة يدل على ارتباطها أحياناً مع وجود المكامن النفطية، ويمكن لهذه المياه أن تحمل كلوريد الكالسيوم إلى التربة عن طريق الصدوع أو الشقوق. إن هذا الملح سام للنباتات إلا أنه أقل سمية من كلوريد المغنزيوم وكلوريد الصوديوم.

2 ــ **كلوريد المغنزيوم:** وهو أكثر انتشاراً في الترب والمياه الأرضية والبحيرات المالحة من كلوريد الكالسيوم، غير أن تراكمه بكمية كبيرة لا يتم إلا عند درجات قصوى من الملوحة. ونتيجة لانحلاليته العالية (353 غ/ل) فإنه يتصف بسميّة كبيرة جداً وهو من أكثر الأملاح ضرراً للنباتات.

يتوضع كلوريد المغنزيوم في المياه المحصورة بين الطبقات العميقة ويسلك في ذلك سلوك كلوريد الكالسيوم من حيث وصوله إلى التربة.

ويمكن أن يظهر في الآفاق السطحية من التربة نتيجةللتفاعل ما بين كلوريد الصوديوم في المحلول والمغنزيوم الممتز على سطح الغرويات.

إن كلوريد المغنزيوم وكلوريد الكالسيوم أملاح عالية الاسترطابية، تمتص الماء من البخار في الجو عند حرارة الهواء المنخفضة، وهنا فإن الرواسب البلورية لأملاح كلوريد المغنزيوم وكلوريد الكالسيوم تسترطب وتتميع سريعاً وتتحول إلى محاليل مركزة. لذلك فإن السولونتشاك التي تحتوي في آفاقها السطحية على أملاح الكلوريد المذكورة تبقى رطبة لفترة طويلة بعد هطول الأمطار أو الندى.

تتميز السولونتشاك التي تحتوي على كمية كبيرة من كلوريد المغنزيوم بصعوبة استزراعها وتحتاج إلى غسلات مكثّفة وصرف جيد لطرد الأملاح الضارة.

3 ــ **كلوريد الصوديوم:** هو أحد أكثر الأملاح وجوداً وانتشاراً في الترب المالحة، (مع كبريتات الصوديوم والمغنزيوم). إن انحلالية هذا الملح العالية (264 غ/ل) تؤدي إلى سميّته الشديدة للنباتات. فعند محتوى Na Cl بنسبة 0,1٪ فإن

النباتات لا تنمو بصورة عادية. وتحتوي كثير من الترب المالحة على Na Cl بنسبة 2 - 5٪ مما يجعلها غير منتجة اطلاقاً.

يجري غسل السولونتشاك كلوريدية الصوديوم بسهولة كبيرة، إذا احتوت تلك الترب على الجبس. أما إذا لم تحتو على الجبس فإنه يصعب غسلها نتيجة لامتزاز الصوديوم في معقد الامتزاز وتنامي قلونة التربة وبعثرتها.

4 ـ كلوريد البوتاسيوم: يشبه كلوريد الصوديوم من حيث خواصه، غير أن انتشاره قليل للغاية نظراً لاستخدامه من قبل الأحياء وامتصاصه غير التبادلي على الغضار.

عند وجود كلوريد البوتاسيوم بنسبة كبيرة تتكون سميّة كبيرة مثل كلوريد الصوديوم. إلا أن محتواه غالباً ما يكون قليلاً حتى في الترب المالحة. ونظراً لدوره الكبير في التغذية المعدنية فإن لخاماته قيمة كبيرة كمصدر للأسمدة البوتاسية. وقد يتشارك كلوريد البوتاسيوم مع كلوريد المغنزيوم ليعطيا الكارناليت $Mg\ Cl_2,\ K\ Cl,\ 6\ H_2O$ الذي يعد سماداً بوتاسياً يعمل على رفع خصوبة التربة. وتجدر الإشارة إلى أنه لا ينصح بتسميد الترب المالحة بالبوتاس بصورة كلوريد بوتاسيوم وتفضل عليه سلفات البوتاسيوم.

رابعاً ـ النترات والبورات :

إن أملاح حمض النتريك (النترات) ، هي مركبات مهمَّة في التربة، وعادة توجد في الترب بكميات قليلة لا تزيد على 0,01٪ بصورة NO_3 . وتعد النترات من أهم عناصر تغذية النبات المعدنية، كمصدر للنتروجين. غير أنه في الظروف الجافة للغاية لبعض الصحارى في تشيلي، البيرو، الهند، وأسية الوسطى وشبه الجزيرة العربية فإن نترات الصوديوم والبوتاسيوم تكون على شاكلة الكلوريدات وتشكل معها ملوحة عالية جداً للترب عديمة الانتاجية. تصل نسبة النترات في بعض الترب إلى بضعة أجزاء من مئة وأحياناً 30 - 50٪.

أما أملاح حمض البوريك، أو البورات فتصادف أقل كثيراً في الترب. وتلاحظ عادة قرب البراكين (مثلاً في أمريكا اللاتينية).

وتعاني بعض ترب حوض الفرات من زيادة في نسبة البورون تعمل على خفض انتاجية بعض المحاصيل الزراعية.

انحلاليـة أهـم الأمـلاح :

لدى دراسة عمليات تملّح الترب، يجب الأخذ بالحسبان انحلالية الأمـلاح، لما لها من أهمية كبيرة. ويبين الجدول (2 ـــ 2) انحـلال بعـض الأمـلاح في المـاء على درجات حرارة متباينة للوصول إلى محاليل مشبعة.

وتجدر الاشارة إلى أن انحلال معظم الأملاح يتغـير عنـد وجـود مزيـج منهـا. فعادة يؤدي وجـود عـدد مـن الأمـلاح لشـاردة واحـدة إلى انخفـاض انحـلال تلـك الأمـلاح، فمثـلاً يعمـل وجـود كميـات كبـيرة مـن كلوريـد المغـنزيوم أو كلوريـد الكالسيوم في المحلول على خفض انحلال كلوريد الصوديوم ليترسب من المحلول.

جدول (2–2) انحلال بعض أملاح التربة في الماء

الملـــح	٪ وزنية (في 100 غ محلول)						غ / ل					
	الحرارة مº						الحرارة مº					
	0	10	20	30	40	50	0	10	20	30	40	50
Na_2CO_3*	6,5	10,9	17,9	23,4	32,4	32,1	70	122	213	371	441	429
$NaHCO_3$	6,5	7,5	8,7	10,0	11,3	12,7	68	80	93	107	121	137
Na_2SO_4**	4,3	8,3	16,1	29,0	32,6	31,8	45	90	185	373	430	415
NaCl	26,3	26,3	26,4	26,5	26,7	26,9	318	317	317	317	318	319
$MgSO_4$	18,0	22,0	25,2	28,0	30,8	33,4	-	-	-	-	-	-
$MgCl_2$	38,8	39,8	41,0	48,6	51,8	54,5	-	-	-	-	-	-
$CaCl_2$	37,3	39,4	42,7	50,7	53,4	56,0	-	-	-	-	-	-
$NaNO_3$	42,1	44,4	46,7	49,0	51,2	53,3	570	607	646	636	724	762
KNO_3	11,6	17,5	24,0	31,5	39,0	46,1	125	194	279	384	493	614
K_2CO_3	51,7	52,2	52,6	53,2	53,9	54,7	814	823	829	839	852	867
$KHCO_3$	18,4	21,5	25,2	28,5	32,2	36,2	-	-	-	-	-	-
K_2SO_4	6,7	8,5	10,0	11,5	12,9	14,2	71	91	108	125	142	157
KCl	21,9	23,8	25,6	27,2	28,7	30,1	253	277	301	322	341	359

* – حتى الدرجة 30ºم – يترسب الملح مع عشر جزيئات من الماء، وأعلى من ذلك يترسب الملح بصورة لا مائية.

** – حتى الدرجة 30ºم – يترسب الملح مع عشر جزيئات من الماء، وأعلى من ذلك يترسب ملح معيني.

وفي مزيج الأملاح التي تعود لشاردة واحدة يزداد انحلال الملح ذي الانحلالية الأقل. ويرجع ذلك إلى تفارق (تشرد) الأملاح لتكوين أملاح جديدة أكثر قابلية للانحلال من الأملاح الأصلية المكونة للجملة المنحلة.

ويمكن توضيح ذلك من خلال انحلال الجبس مع كلوريد الصوديوم، فمن المعروف أن انحلال الجبس في الماء يبلغ نحو 2 غ/ل، أما عند وجود كلوريد الصوديوم في المحلول فإن انحلال الجبس يمكن أن يبلغ 7 غ/ل وذلك حسب المعادلة التالية :

$$Ca\,SO_4 + 2\,Na\,Cl \rightleftarrows Ca\,Cl_2 + Na_2\,SO_4$$

ويبيّن الجدول (2 - 3) التالي انحلال سلفات الكالسيوم في الماء بوجود تراكيز مختلفة من كلوريد الصوديوم على حرارة 20°م مقدراً بالغرام/لتر.

Na Cl	$Ca\,SO_4$	Na Cl	$Ca\,SO_4$
0	2,04	244	8,20
172	7,97	293	8,14
200	8,23	358	7,09

إن ظهور كمية من كلوريد الكالسيوم شديد الانحلال يزيد محتوى شوارد الكالسيوم في المحلول، كما أن سلفات الصوديوم جيدة الانحلال، مما يؤدي إلى زيادة تركيز الشوارد التي تعمل على تكوين الجبس. وإن وجود كلوريد الكالسيوم يعرقل أو يمنع انحلال الجبس.

ويبيّن الجدول (2 – 4) انحلال سلفات الكالسيوم في الماء بوجود كلوريد الكالسيوم مقدراً غ/ل.

$Ca\ Cl_2$	$Ca\ SO_4$	$Ca\ Cl_2$	$Ca\ SO_4$
0	2,04	189	0,77
52	1,03	408	0,35
99	0,86		

ويؤثر محتوى CO_2 المنحل في الماء بدرجة كبيرة في انحلال أملاح حمض الكربون وهذا ما يتضح من الجدول (2 – 5).

جدول (2 – 5) انحلال كربونات الكالسيوم

تبعاً لكمية CO_2 عند حرارة 16°م

PH	انحلال $Ca\ CO_3$ غ/ل وسطياً	% CO_2 حجمية	PH	انحلال $Ca\ CO_3$ غ/ل وسطياً	% CO_2 حجمية
10,23	0,013	0,00	7,47	0,203	1,0
8,48	0,063	0,03	6,80	0,470	10
7,81	0,133	0,3	6,13	1,098	100

جدول (2 – 6) انحلال كربونات الكالسيوم في الماء

عند الضغط الجزئي لـ CO_2 مساوٍ 0,00032 جو.

الحرارة م°	0	5	10	15	20	25	30
انحلال $Ca\ CO_3$ غ/ل	0.081	0,075	0,070	0,065	0,060	0,056	0,052

جدول (2 – 7) انحلال كربونات المغنزيوم في الماء عند درجة 18°م
وعلى مختلف الضغوط الجزيئية لغاز الكربون CO_2 (P) .

10,0	5,0	1,0	0,1	0,01	0,001	0,005	جـو P. CO_2
59,2	46,0	25,8	12,2	6,04	3,11	2,51	انحلال Mg CO_3 غ/ل

ويلخّص الجدول (2 – 8) انحلال الأملاح الرئيسة في الماء عند حرارة 20°م.

جدول (2 – 8)

Ca Cl_2	Mg Cl_2	Mg SO_4	K Cl	Na Cl	Na_2 CO_3	Na_2 SO_4	K_2 SO_4	Ca SO_4	التركيز
427,0	353,0	262,0	255,0	264,0	178,0	161,0	100,3	2,0	غ/ل
3,8	3,7	2,2	3,4	4,55	1,7	1,13	0,57	0,015	مول/ل

يلاحظ من الجدول السابق أن أكثر الأملاح قابلية للانحلال هي كلوريدات الكالسيوم والمغنزيوم وأقلها سلفات الكالسيوم ثم سلفات البوتاسيوم فالصوديوم. وتحتل كلوريدات الصوديوم والبوتاسيوم موقعاً متوسطاً.

من الأهمية بمكان الأخذ بالحسبان انحلال الأملاح عند غسل الترب المالحة. فمن الصعب مسبقاً معرفة تسلسل الأملاح عندما تكون الملوحة مختلطة. وتجدر الإشارة إلى أن انحلال معظم الأملاح يقل مع انخفاض درجة الحرارة وبخاصة إلى ما دون 12°م. وإن انخفاض الانحلال مع انخفاض الحرارة يمكن أن يُعقّد عملية غسل الملوحة الصودية والسلفاتية إذا تمتا في الفصول الباردة، وقد تُجرى في هذه الفصول نظراً لتوافر المياه ولقلة التبخر. ويجب أن يجري غسل مثل هذه الملوحة في الفصول الدافئة.

ويبين الجدول (2 - 9) انحلال الأملاح في الجملة $NaCl - MgCl_2 - H_2O$ على حرارة 25°م محسوباً كنسبة مئوية وزنية.

جدول (2–9)

الطور الصلب	$MgCl_2$	NaCl
NaCl	0	26,45
NaCl	5,0	20,5
NaCl	10,0	15,2
NaCl	15,0	10,5
NaCl	20,0	6,5
NaCl	25,0	3,3
NaCl	30,0	1,1
$NaCl+MgCl_2.6H_2O$	35,55	0,3
$MgCl_2.6H_2O$	35,6	0,0

الترب المالحة Solonchaks

تعريف السولونتشاك وخصائصها:

السولونتشاك - كلمة روسية معروفة لدى مدارس الأراضي في العالم كافة. وتعني أصلاً، الترب التي تحتوي على كمية كبيرة من الأملاح الذوابة في الماء بحيث يتوضع أعلى تركيز لتلك الأملاح في الطبقة السطحية للتربة 0 - 30 أو 0 - 40 سم، وتتجاوز نسبة الأملاح عادة 1 - 2٪ من وزن التربة لتصل أحياناً إلى 20 أو 30٪ من وزنها. يتغطى سطح السولونتشاك عادة وبدرجات متفاوتة بتزهرات أو قشور من الأملاح الذوابة. وفي معظم الأحيان لا تنمو المحاصيل الزراعية على هذه الترب، أما في الظروف الطبيعية فقد ينعدم منها الغطاء النباتي تماماً أو يتمثل ببعض النباتات المِلحة (المحبة للملوحة) Halophytes مثل الحمض والرمث والأشنان وغيره، حيث تتصف هذه النباتات بقدرتها العالية على تحمل الملوحة، غير أن السولونتشاك المرجية لبعض المناطق هي أقل أنواع السولونتشاك خطورة وأكثرها ملاءمة لنمو الغطاء النباتي. وتبيّن الخريطة (3 - 1) توزع السولونتشاك في العالم.

يكون التركيب الميكانيكي لترب السولونتشاك وشبه السولونتشاك ثقيلاً في معظم الحالات، ويرجع السبب في ذلك إلى انتشار وتموضع هذه الترب في السهول والمنخفضات والوهاد، حيث تتجمع فيها الصخور الأم الرسوبية الطينية منقولة من التضاريس الأكثر ارتفاعاً، لكن هذه القاعدة ليست مطلقة، إذ تكون بعض الترب المالحة خفيفة أو رملية.

خريطة (3 ـ 1) توزُّع السولونتشاك في العالم

يتميز معظم هذه الترب بتوزع منتظم لمجموعة الغضار والسيليس والأكاسيد نصف الثلاثية في مقطعها، ويدل هذا على ثبات السيليكات الألومينية في هذه الترب، ويشذ عن هذه القاعدة السولونتشاك الصودية والترب المالحة القلوية Solonchak-Solonetzإذ تنتقل الغروِّيات المعدنية من الأفق السطحي لتتوضع على عمق معين تحت السطح مكونة الأفق B_1.

تتصف الترب المالحة بعدم احتوائها على بنى فتاتية ـ حبّية ثابتة مائياً. ونتيجة لوجود مقادير عالية من الألكتروليتات تكون المواد الغروِّية متخثرة وثابتة، لذلك تتميز هذه الترب ـ لغناها بالأملاح ـ بسلاستها ونفوذيتها واحتوائها على البنى الكاذبة التي سرعان ما تتهدم عند غمرها بالماء.

إن محتوى الدبال في الترب المذكورة منخفض جداً، إذ يتراوح بين 0,7 ـ 1,25٪ في أفقها العلوي باستثناء المرجية منها التي يمكن أن تصل نسبة الدبال فيها إلى 8 ـ 10٪ من وزن التربة. إلا أن نسبة الدبال في السولونتشاك التابعة لمنطقة واحدة تتعلق بدرجة ونوعية ملوحة التربة. وكقاعدة عامة تسود الحموض الفولفية في تركيب دبالها، كما تتصف هذه الترب بفقرها بالآزوت والعناصر الغذائية المعدنية.

تتصف معظم ترب السولونتشاك بانخفاض سعتها التبادلية إذ تتراوح بين 10 ـ 20 ملي مكافئ، وقد ترتفع السعة التبادلية في بعض أنواع السولونتشاك المرجية لتصل 50 ـ 60 ملي مكافئ/100 غرام. ويسود الكالسيوم والمغنيزيوم في معقّد الامتزاز ثم يأتي الصوديوم، أما في السولونتشاك الصودية فإن المغنيزيوم والصوديوم هما المكونان الرئيسان لمعقد الامتزاز. يبيّن الشكل (3 – 1) معطيات عامة عن تركيب السولونتشاك.

إن تفاعل محلول التربة قلوي خفيف إذ يتراوح الـ pH بين 7,5 ـ 8,3، ويتعلق هذا عادة بمحتوى كربونات وبيكربونات الكالسيوم والمغنيزيوم، أما السولونتشاك الصودية فهي ذات تفاعل قلوي شديد، ويتراوح الـ pH فيها بين 9 ــ 11 نتيجة لوجود كربونات وبيكربونات الصوديوم.

يتناقص محتوى الأملاح الذوابة في السولونتشاك مع العمق، ويتوزع تراكم الأملاح في مقطع هذه التربة بحيث تتوضع في الآفاق السطحية الأملاح الأكثر ذوباناً أو انحلالاً وهي : $Mg\ Cl_2$ ، $Mg\ SO_4$ ، $Na_2\ CO_3$ ، $Na_2\ SO_4$ ، $Na\ Cl$ غير أنه يمكن أن توجد أيضاً $Ca\ SO_4$ ، $Ca\ CO_3$ ، وقد تصل نسبة الجبس في الأفق السطحي إلى 2 ـ 3 أو حتى 10٪ من وزن التربة.

وفي الظروف الطبيعية، ونتيجة لوجود الماء الشعري باستمرار فإن الأملاح الذوابة تتواجد في محلول التربة. لهذا يتميّز محلول هذه الترب بارتفاع تركيزه الملحي، إذ يتراوح بين 100 ــ 200 غ/ل، ويصل أحياناً إلى 300 ــ 400 غ/ل في الآفاق السطحية، وينخفض إلى 20 ـ 50 غ/ل في الآفاق السفلى.

إن تركيز محلول ترب السولونتشاك أعلى دائماً من تركيز المياه الأرضية التي تقع تحت تلك التربة، ويفوق عدة مرات تركيز الأملاح في مياه البحار الذي يبلغ وسطياً نحو 35 غ/ل.

إن أهم مميزات السولونتشاك هو ارتفاع تركيز الأملاح الذوابة في المحلول، ويحدد التركيز العالي للأملاح وتركيب الأملاح النوعي خصوبة التربة وامكان استثمارها، فكلما ازداد تركيز محلول التربة ارتفع الضغط الأسموزي لهذا المحلول، حتى إذا بلغ حداً معيناً توقف عنده امتصاص النباتات للماء والعناصر الغذائية الذائبة، يضاف إلى ذلك أن للأملاح تأثير سام ومباشر في النباتات يؤدي إلى الاخلال بالتغذية وتبادل المواد واضعاف عملية التركيب الضوئي وغيرها من الظواهر التي تؤدي إلى توقف نمو النبات أو موته.

تقسيم السولونتشاك :

تقسم السولونتشاك تبعاً للهيدرولوجية والمظهر الخارجي لها وكذلك تركيبها الكيميائي إلى عدة تحت أنماط Subtypes ، وتتصف هذه المجموعات باختلاف كبير في قيمتها الزراعية.

تقسيم السولونتشاك استناداً إلى الهيدرولوجية:

من أجل تحديد المواصفات الاصلاحية للسولونتشاك فإن من الأهمية بمكان التحديد الدقيق لهيدرولوجيتها وعلاقتها بالمياه الأرضية، واستناداً إلى ذلك يمكن تمييز تحت الأنماط التالية :

1 – سولونتشاك نشطة (معاصرة) Active Solonchak :

ترتبط هذه التربة بالمياه الأرضية من خلال الأهداب الشعرية Capillary Fringes ويتم ذلك عبر تيار شعري غشائي Pellicular-Capillary صاعد من المحاليل الملحية.

عند استصلاح واستزراع مثل هذه السولونتشاك يجب ازالة القسم الأكبر من الأفق المالح المنتفخ وذلك باستخدام الآلات المخصصة لهذا الغرض كالجرافات وآليات التسوية وغيرها.

ومن الممكن عمل غسل للسولونتشاك المتبقية دون اقامة شبكة للصرف. إلا أن أهم اجراء يجب اتخاذه عند استزراع مثل هذه التربة هو المحافظة على توضُّع المياه الأرضية على عمق يقع تحت الحد الحرج لتلك المياه.

تقسيم السولونتشاك حسب سماتها المورفولوجية:

استناداً إلى السمات المورفولوجية يمكن تمييز الأشكال التالية من السولونتشاك:

1 ــ مبتلّة. 2 ــ منتفخة. 3 ــ قشرية. 4 ــ عمدية. 5 ــ بيضاء. 6 ــ سوداء. 7 ــ مرجية. 8 ــ بحيرية مالحة. 9 ــ أشكال أخرى.

1 ــ سولونتشاك مبتلّة Wet Solonchak :

هي السولونتشاك المتكونة عندما يتوضع الماء الأرضي قريباً من السطح، وعندما تتشبع التربة بالماء الشعري فتبقىمعرضة للمحاليل الملحية بصورة دائمة. ويطلق أحياناً هذا الاسم على السولونتشاك التي تحتوي على سطحها قشوراً ملحية بسماكة 2 ــ 4 سم مؤلفةً من كلوريد المغنزيوم أو كلوريد الكالسيوم الذين يتصفان باسترطابيتهما العالية وامتصاصهما بخار الماء، مما يجعل سطح التربة رطباً باستمرار، لذلك يكون سطح التربة أدكن لوناً.

2 ــ سولونتشاك منتفخة Puffed Solonchak:

تنتشر هذه الترب في المناطق الجافة على التضاريس الدقيقة المرتفعة، حيث يتمثل الأفق السطحي لهذه الترب بصورة طبقة ملحية ـ ترابية غبارية منتفخة سريعة الانهيار (رخوة) عمقها 5 ــ 6 سم، تغور فيها الأقدام عند المشي فوقها. يتكون

الأفق الملحي المنتفخ عادة من خليط من مواد ترابية للصخور الأم ومواد بلورية دقيقة من $Ca\ CO_3$ و $Ca\ SO_4$ اضافة إلى أملاح ذوابة دقيقة البلورات من $Na\ Cl$ و $Na_2\ SO_4$. وتلعب سلفات الصوديوم دوراً مهماً في تكوين هذا الشكل من السولونتشاك، إذ أن وجودها بنسبة كبيرة وتبلورها الذي يتطلب كمية كبيرة من الماء لتكوين معدن الميرابيلليت $Na_2\ SO_4 .10\ H_2O$ (إذ تحتاج كل جزيئة من سلفات الصوديوم إلى عشر جزيئات من الماء عند تبلورها) وهذا يعمل على تخفيف التربة وسرعة انهيارها (رخاوتها)، لذلك يمكن القول إن هذه السولونتشاك هي سلفاتية الملوحة.

وتنشأ غالباً الآفاق المالحة للسولونتشاك المنتفخة بتأثير الرياح، إذ تنتقل المواد إلى مسافات بعيدة مكونة كثباناً من الرمل الكاذب.

3 ــ سولونتشاك قشرية Crust Solonchak :

يحدث في بعض الأحيان عند الترطيب الدوري للتربة تبلور الأملاح الذوابة وبخاصة الجبس مكونة قشرة سطحية ملحية ثابتة تبلغ سماكتها أحياناً 2 ــ 5 سم مشكلة السولونتشاك القشرية أو القشيرية.

4 ــ سولونتشاك عمدية Columnar Solonchak :

تنتشر في مناطق السهوب الغابيَّة للأرجنتين والولايات المتحدة وحول الفولغا وبخاصة في سيبيريا، سولونتشاك غامقة اللون تحتوي على الصودا، وعند جفافها يتشقق سطحها، ويتكون افقها السطحي لعمق 10 ــ 20 سم من وحدات بنيويّة عمدية ضخمة أو كتلية، تدعى مثل هذه الترب سولونتشاك عمدية أو قشرية ــ عمدية Crust-Columnar. ويجب عدم الخلط بينها وبين السولونتس القشرية ــ العمدية.

5 ـ سولونتشاك بيضاء White Solonchak :

وهي تسمية انكليزية ـ أمريكية تطلق على الترب التي يكـون سطحها ابيض اللـون أو فاتحـاً نتيجـة لـتراكم كميـات كبـيرة مـن الأمـلاح الذوابـة في المـاء مثـل $Na_2 SO_4$ ، $Mg SO_4$ ، Na Cl وغيرهـا ، ولا تحتـوي علـى الصـودا علـى عكـس السولونتشاك السوداء.

6 ـ سولونتشاك سوداء Black Solonchak:

تشبه السولونتشاك المبتلة من حيث سماتها المورفولوجية، غير أنها أغمق لونـاً، وتنتشر في المناطق المناخية الأكثر رطوبة، وهي لا تحتوي علـى كميـات كبـيرة مـن الكلوريـدات أو الـسلفات ، وإنمـا تكـون صوديـة الملوحـة إذ يغلـب في تركيبهـا $Na_2 CO_3$.

تتصف هذه الترب بتكوُّن برك مائية على سطحها بعد هطول الأمطار أو بعد الري ذات لون غامق ناتج عـن انحـلال المـواد الدبالية في المحـاليل القلويـة. وتعمـل الصودا على بعثرة غرويدات التربة مما يؤدي إلى سوء نفاذية الماء ورشحه في التربـة، لذلك تبقى المياه راكدة على سطح التربـة لفـترة طويلـة حيـث تفقـد بـالبخر لتـترك مخلفات سوداء اللون، وتسمى هذه السولونتشاك صودية ايضاً.

7 ـ سولونتشاك مرجية Meadow Solonchak :

تتكون هذه التربة عندما يتوضع مـاء أرضـي قليـل الملوحـة قريبـاً مـن سـطح التربة، ويتكوَّن الغطاء النباتي من الأعشاب المرجيـة Grass Meadow، لذلـك تنشـأ هـذه الـترب تحـت تأثـير عمليـتي التكويـن العشـبي F. Soddy والتكويـن الملحـي Salinization.

تتمـيز السولونتشـاك المرجيـة بتبـاين مقطعهـا إلى آفـاق واضحـة. ومـن بـين السولونتشـاك المرجيـة توجـد السولونتشـاك الكلسـية ـ الكربوناتيـة الـتي تتصـف

بانخفاض محتواها الملحي وغناها بالدبال الذي تصل نسبته إلى 6 ـ 8٪ من وزن التربة. أما الأفق الملحي فقد يتوضع على السطح مباشرة أو على عمق معين تحت السطح. تحتوي هذه الترب بصفة عامة على نسبة كبيرة من كربونات الكالسيوم وأحياناً من كربونات المغنزيوم.

تعد هذه الترب من أكثر السولونتشاك ملاءمة للزراعة نظراً لغناها بالمادة العضوية وجودة خواصها الفيزيائية الناتجة عن ذلك، وغالباً ما تنتج كميات كبيرة من الأعلاف الطبيعية. وقد يصادف في هذه السولونتشاك ترب صودية الملوحة.

8 ـ سولونتشاك البحيرات المالحة Shor أو Salada:

تدعى أحياناً سولونتشاك آسيا الوسطى، وتتكون في أماكن البحيرات المالحة بعد جفافها حيث يتوضع الماء الأرضي قريباً من السطح ويكون عالي التركيز. تتراوح نسبة الأملاح في هذه الترب بين 3 ـ 9٪ من وزنها، وتتوضع أكبر نسبة منها في الأفق السطحي. يحوي مقطع هذه الترب على آفاق موحلة Gley ، كما يندر وجود النباتات على هذه الترب.

9 ـ أشكال أخرى من السولونتشاك :

بالاضافة إلى أنواع السولونتشاك المذكورة هنالك السولونتشاك البحرية والمستنقعية والمتجمدة والتاكيرية وغيرها.

تصنيف السولونتشاك حسب نوعية ملوحتها :

تعيين نوعية الملوحة حسب تركيبها الأنيوني:

تقسم السولونتشاك إلى أجناس Genera (Roadi) استناداً إلى التركيب الأنيوني لملوحتها ويتم ذلك بعدة طرائق :

إن أبسط الطرائق لتعيين نوعية الملوحة استناداً إلى تركيبها الأنيوني هو حساب النسبة المئوية التي يشكلها كل أنيون بالملي مكافئ من مجموع الأنيونات في

المستخلص المائي، ويدخل في تسمية الملوحة الأنيونات التي تزيد نسبتها على 20٪ من مجموع الأنيونات، بحيث تبدأ التسمية بالأنيون الذي يشكل أكبر نسبة تليه الأنيونات الأقل نسبة. فمثلاً إذا كانت نسبة الكلوريد 65٪ والسلفات 30٪ من مجموع الأنيونات في المستخلص المائي فتدعى هذه الملوحة كلوريدية سلفاتية.

ولا تنطبق القاعدة السابقة على الملوحة الصودية. فإن وجود الصودا CO_3^- بنسبة تقل عن 20٪ من مجموع الأنيونات ولكنها تزيد على 0,03 ميلي مكافئ/100 غرام، يستوجب أن يشار إلى امكان وجود الصودا، لتصبح التسمية السابقة مثلاً كلوريدية سلفاتية مع آثار من الصودا. وكذلك يكون الحال إذا زاد محتوى HCO_3^- في المستخلص المائي على 1,4 ميلي مكافئ/100 غرام تربة. وفي بعض الحالات فإن ارتفاع نسبة HCO_3^- قد ينتج بصورة رئيسة عن وجود $Mg(HCO_3)_2$ وفي مثل هذه الحالات تعد الملوحة هيدروكربوناتية.

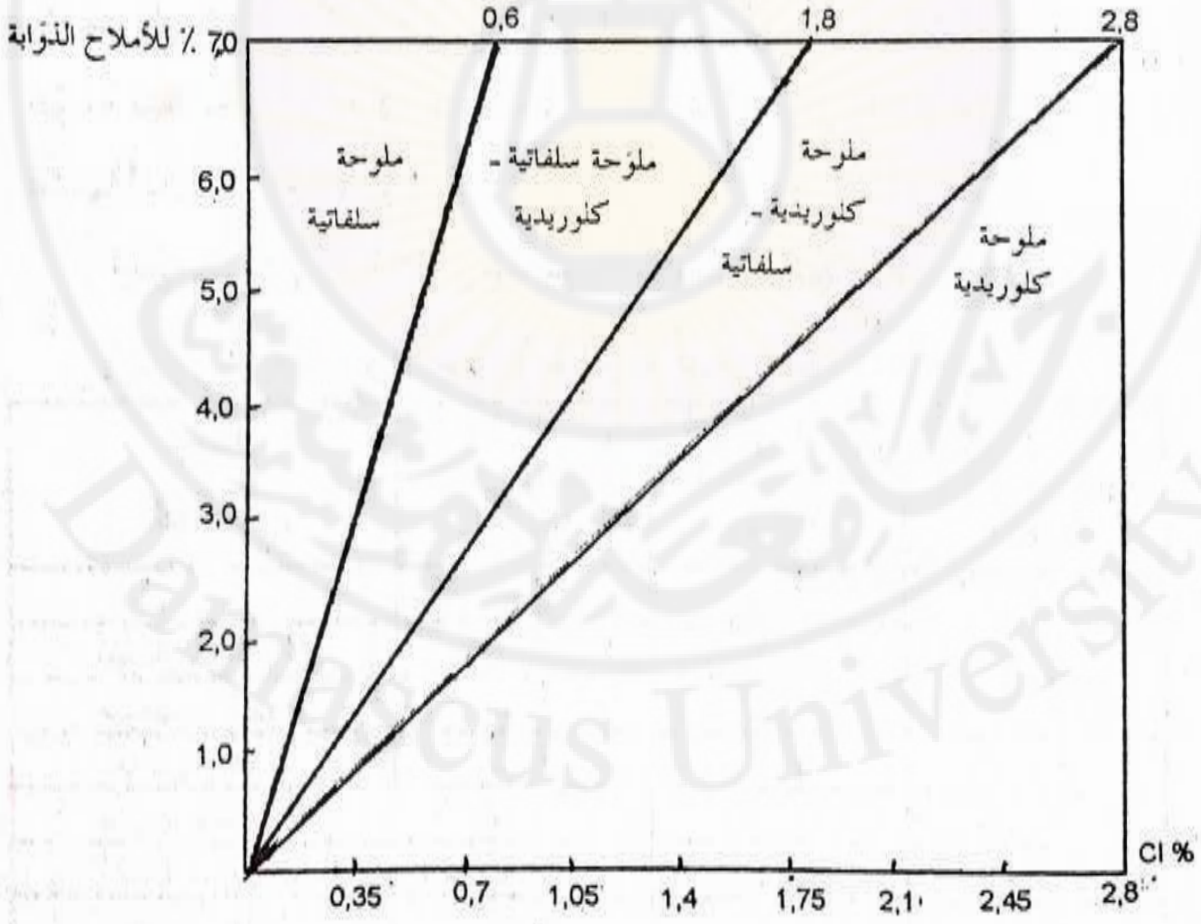
أما الطريقة الثانية وهي أوسع استخداماً وتقوم على تعيين النسبة بين الأنيونات المختلفة في المستخلص المائي، وذلك كما هو مبين في الجدول (3 – 1).

الجدول (3 – 1) تعيين نوعية ملوحة الترب حسب أنيونات الأملاح

نوعية الملوحة	النسبة بين الأنيونات (ميلي مكافئ)		
	Cl/SO_4	HCO_3/Cl	HCO_3/SO_4
كلوريدية	≤ 2,5	–	–
كلوريدية سلفاتية	2,5 - 1	–	–
سلفاتية	> 0,2	–	–
كلوريدية صودية	< 1	> 1	< 1
سلفاتية صودية	> 1	< 1	> 1
صودية كلوريدية	< 1	< 1	< 1
صودية سلفاتية	> 1	< 1	< 1
هيدروكربوناتية سلفاتية أو كلوريدية	–	–	< 1

وتجدر الاشارة إلى أن نوعية الملوحة قد تتغير كثيراً من أفق لآخر في التربة نتيجة حركة الأملاح الذوابة وتغيرات نسبها عند زيادة تركيزها بعد بخر المياه الأرضية. وعند اختلاف نوعية الملوحة بشكل كبير في آفاق التربة فإن نوعيتها تتحدد استناداً إلى ملوحة الأفق الملحي العلوي وبعدها يشار إلى نوعيات الملوحة في الآفاق الأكثر عمقاً.

وهناك طريقة ثالثة يمكن استخدامها في الأغراض التطبيقية عندما لا تتوافر سوى نتائج التحاليل المختصرة للمستخلصات المائية (أملاح وكلوريد) وعند غياب الصودا. وتقوم هذه الطريقة استناداً إلى العلاقة بين الأملاح الذوابة والكلوريد كما يظهر من المخطط التجريبي شكل (3 – 2).



شكل (3 – 2) تحديد نوعية الملوحة استناداً إلى نسبتي الأملاح والكلور

بعد معرفة نوعية الملوحة يمكن الحكم على النظام الملحي للتربة ومرحلة التملح هل هي تصاعدية أم تراجعية، فعادة ما تكون الملوحة الكلوريدية من مميزات الترب ذات التجمع الملحي المتزايد أو التصاعدي Progressive ، وتعد الملوحة السلفاتية ـ الكلوريدية مرحلة انتقالية أو وسطية بينما تميز الملوحة السلفاتية الترب المالحة في مرحلة التحلية أو الإنغسال أي مرحلة تراجعية Regressive إذا ترافق ذلك مع تجمع الجبس.

تعيين نوعية الملوحة حسب تركيبها الكاتيوني:

بعد تعيين نوعية الملوحة حسب تركيبها الأنيوني لا بد من معرفة تركيبها الكاتيوني، بغية إظهار كيميائية الملوحة الصودية، والتفريق بين الملوحة الصودية والهيدروكربوناتية، وكذلك تقسم أنواع الملوحة استناداً إلى نسبة الجبس، إذ توجد ملوحة قليلة الجبس وأخرى كثيرة الجبس، كما يمكن التنبؤ بإمكان قلونة التربة من عدمها أثناء الري أو الغسل.

ويبيّن الجدول (3 – 2) نوعية الملوحة حسب تركيبها الكاتيوني.

الجدول (3 – 2) تعيين نوعية ملوحة الترب حسب كاتيونات الأملاح

نوعية الملوحة	النسبة بين الكاتيونات (ميلي مكافئ)		
	Na/Mg	Na/Ca	Mg/Ca
صوديومية	1 <	1 <	–
صوديومية مغنيزية	1 <	1 <	1 <
صوديومية كلسية	1 <	1 <	1 >
مغنيزية كلسية	1 >	1 >	1 <
مغنيزية صوديومية	1 >	1 <	1 <
كلسية صوديومية	1 <	1 >	1 >
كلسية مغنيزية	1 >	1 >	1 >
مغنيزية	1 >	-	1 <

أجناس السولونتشاك حسب تركيبها الأنيوني

1 ـ سولونتشاك كلوريدية :

يدخل في تركيب أملاحها Na Cl و $Mg Cl_2$ وأحياناً $Ca Cl_2$، تنتشر بصورة رئيسة في شواطئ البحار أو المناطق التي تتعرض لارتفاع محاليل مالحة جداً من الأعماق، إن مجموع الأملاح وكذلك ملوحة المياه الجوفية في هذا الشكل من الملوحة تكون عادة عالية جداً.

ويلعب الجبس دوراً بارزاً في التأثير في الخواص الفيزيائية المائية لهذه الترب أثناء عملية غسلها، ففي وجود الجبس يكون غسل التربة أكثر سهولة، أما عند غياب الجبس فتسوء استجابة هذه الترب للغسل والصرف نتيجة لانخفاض نفاذية الماء فيها ولتطور القلونة وبعثرة الغرويات، وفي مثل هذه الظروف يجب اتخاذ اجراءات اضافية بغية جعل عملية الغسل أكثر كفاءة من خلال خلخلة عميقة (نقب) وكذلك الحراثات العميقة وإقامة مصارف مؤقّتة ضحلة، ويجب اضافة الجبس أحياناً.

2 ـ سولونتشاك كلوريدية سلفاتية :

هي ترب واسعة الانتشار، يدخل في تركيبها الملحي الكلوريدات والسلفات مع زيادة نسبة الأولى على الثانية بشكل عام، وتتصف بمحتوى ملحي عالٍ (3 - 5٪) يتوضع بصورة رئيسة في الآفاق السطحية، وغالباً ما يتواجد الجبس في هذه الترب.

إن استصلاح واستزراع هذا الشكل من السولونتشاك يتطلب نفقات كبيرة للغسل وصرف المياه، إلا أن خطورة تطور القلونة في مثل هذه الترب أثناء عمليات الغسل تكون ضعيفة جداً.

3 ـ سولونتشاك سلفاتية كلوريدية :

تتميز هذه الترب بسيادة سلفات الصوديوم والمغنزيوم على الكلوريدات في الآفاق المالحة، وهي جبسية عادة، وإن نسبة الأملاح الذوابة عالية كسابقتها إلا أن سمية الأملاح في هذه التربة أقل بكثير من سابقتيها نظراً لوجود نسبة عالية من Na_2SO_4 و $CaSO_4$.

يجرى استصلاح واستزراع هذه الترب باستخدام الصرف بصورة سهلة نسبياً، ولا تلاحظ آثار القلونة عند الغسل إطلاقاً أو تظهر بصورة ضعيفة جداً.

4 ـ سولونتشاك سلفاتية :

يغلب في تركيبها الملحي عادة Na_2SO_4، $MgSO_4$، $CaSO_4$، وتصادف هذه السولونتشاك في المنخفضات القارية. ومن المعروف أن سمية السلفات هي أقل من سمية الأملاح الذوابة الأخرى، كما تكون الخواص الفيزيائية المائية أكثر ملاءمة، ولا تحدث قلونة لهذه الترب نظراً لوجود الجبس، كما يعطي الغسل والصرف نتائج فعالة وسريعة.

5 ـ سولونتشاك صوديَّة سلفاتية :

تغلب السلفات في ملوحة هذه السولونتشاك، وتوجد عادة الكلوريدات أيضاً، إلا أن أهم مميزاتها هو وجود بيكربونات وكربونات القواعد إذ تصل نسبة HCO_3^- إلى 0,10 ـ 0,15٪ من وزن التربة، لذا احتلت «الصودية» صدارة التسمية. كما تتصف هذه الترب بارتفاع رقم حموضتها إذ يتراوح الـ pH بين 8,7 ـ 9,5.

تنتشر هذه السولونتشاك في المناطق المالحة الأكثر هطلاً مثل أكرانيا والفولغا الأوسط وكذلك في هنغاريا ومنشوريا ومنغوليا والهند وأمريكا وأفريقيا.

لا تكون نسبة ملوحة هذه السولونتشاك عالية جداً إذ تتراوح بين 1,5 ــ 2 ٪ إلا أن وجود الصودا يجعل خواصها الفيزيائية المائية في غاية السوء، إضافة إلى أثر الصودا السام للمحاصيل الزراعية.

6 - سولونتشاك صوديّة :

تصادف في بعض المناطق سولونتشاك صودية نقية تحتوي بصورة رئيسة على الصودا Na_2CO_3 و $NaHCO_3$ مع مزيج من Na_2SO_4 و $MgCO_3$. إن سمية الصودا عالية للغاية نظراً لتأثيرها المباشر في النبات من جهة ولرفعها للـ pH من جهة أخرى، إذ يتراوح بين 9,5 ــ 11. تتميز هذه السولونتشاك بتدبُّل متبقٍّ (مرجي المنشأ)، ومحتوى عالٍ من الصوديوم التبادلي يشكل 70 - 80 ٪ من السعة التبادلية، كما تكون بنيتها كتلية شبه موشورية، وكثافتها عالية جداً، كما يتوضع ماء أرضي قلوي وعذب نسبياً على عمق قليل.

لا تكون نسبة الأملاح في هذه السولونتشاك عالية جداً إذ نادراً ما تتجاوز 1 - 1,5٪، إلا أن خواصها الزراعية والفيزيائية المائية في غاية السوء نظراً للسمية العالية للصودا، ولخلوها من البنى الجيدة ولعدم نفاذية الماء فيها. يعد الإستصلاح الكيميائي (استعمال المصلحات الكيميائية) الأساس المحدد لاستصلاح هذه السولونتشاك، وإن استزراع هذه الترب في غاية الصعوبة ولا يعد عملياً من وجهة النظر الزراعية.

7 - سولونتشاك بوراتيّة :

تتجمع أملاح حمض البوريك الذوابة الناتجة عن المنفوثات البركانية التي تحتوي على البورون في أكثر الصحارى جفافاً مكونة سولونتشاك بوراتية. ومن المعروف أن زيادة محتوى البورون تهلك النبات وضارة للغاية بخصوبة التربة.

وتترافق الملوحة البوراتية عادة مع مشاركة السلفات والكلوريدات. تنتشر السولونتشاك البوراتية بشكل واسع حول البحيرات في التيبت وفي صحارى الولايات المتحدة وأمريكا اللاتينية، وتوجد مساحة كبيرة من هذه السولونتشاك في

بوليفيا نتيجة لجفاف بحيرة «أسكوتان» اذ تضم أفقاً مالحاً عمقه 15 ــ 20 سم يحتوي على أكسيد البورون B_2O_3 بنسبة 28 ـ 37 ٪ من وزن الأفق.

8 ـ سولونتشاك نتراتية :

تحتوي هذه السولونتشاك على $NaNO_3$ و KNO_3، إن خواص هذه السولونتشاك المتعلقة باستصلاحها، وكذا سميتها، تشبه مثيلاتها في السولونتشاك الكلوريدية. وفي صحارى آسيا الوسطى والصغرى وكذلك في صحارى أمريكا تتراكم النترات مع الكلوريدات، وإن نترات تشيلي $NaNO_3$ معروفة منذ زمن بعيد وتستخدم أسمدة نتراتية، لكنه لا ينصح باستخدامها في ظروف المناخ الجاف. تبلغ نسبة الملوحة في هذه السولونتشاك 2 ـ 5 ٪ من وزن التربة.

الترب المتملّحة (شبه السولونتشاكية) Solonchak - like :

تعرَّف ترب شبه السولونتشاك بأنها الترب التي تحتوي في منطقة انتشار المجموعة الجذرية (حوالي 1 متر) على نسبة من الأملاح السامة تزيد على 0,3 ٪ من وزن التربة. يكون إنبات المزروعات ونموها غير طبيعيين على الترب المتملحة، كما تقل انتاجية المحاصيل الزراعية بنسبة تتراوح بين 30 ــ 60 ٪ مقارنة بمثيلاتها على الترب غير المتملّحة.

يشبه تركيب الأملاح في هذه الترب ما هو موجود في السولونتشاك، إذ تقسم الملوحة إلى صودية، سلفاتية، كلوريدية، وعادة تكون الملوحة مزيجاً من نوعين من الأملاح.

تتصف هذه الترب بكل الخصائص السيئة التي تميز السولونتشاك ولكن بدرجة أضعف، وينخفض مستوى خصوبتها الطبيعية مع ازدياد درجة ملوحتها. ونظراً لأن ملوحة هذه الترب أقل مما هي في السولونتشاك، لذا فإن خواصها أكثر ملاءمة لنمو المحاصيل الزراعية، وهي تستجيب لعمليات الاستصلاح بسهولة أكبر مقارنة بالسولونتشاك.

تصنيف ملوحة الترب حسب سميّة الأملاح

لكي تصنف الترب المالحة بشكل دقيق يفضل أن يوضع في الحسبان التأثير الإجمالي للشوارد السامة، وهو محصلة تأثير سائر الشوارد السامة في النباتات، إذ تتباين درجة سمية الشوارد المختلفة، ويُعبّر عادة عن التأثير الإجمالي لهذه السمية بمكافئات الكلور حسب المعادلات التالية:

$$1\ Cl^- = 0{,}1\ CO_3^{=} = (2{,}5 - 3{,}0)\ HCO_3^- = (5{,}0 - 6{,}0)\ SO_4^{=}$$

يدل الرقم الأكبر الموجود بين قوسين على وجود ملوحة نقية والرقم الأصغر على وجود ملوحة مختلطة وعلى هذا الشكل يمكن تحديد درجة ملوحة التربة اعتماداً على مكافئات الكلور وذلك حسب الجدول (3 – 5).

جدول (3 – 5)

درجة الملوحة	مكافئات الكلور (ميلي مكافئ/100 غرام تربة)
1 ـ غير متملحة	0,3 >
2 ـ خفيفة الملوحة	1,0 - 0,3 (1,5)
3 ـ متوسطة الملوحة	3,0 - 1,0 (3,5)
4 ـ شديدة الملوحة	7,0 - 3,0 (7,5)
5 ـ شديدة الملوحة جداً	7,0 < (7,5)

يفسر التذبذب في مقدار التأثير الإجمالي للشوارد السامة بأن سمية ملح معين عند وجوده وحيداً في المحلول تكون عالية بينما تنخفض نسبياً عندما تختلط مع

الفصل الرابع

الترب القلوية (السولونتس) SOLONETZ

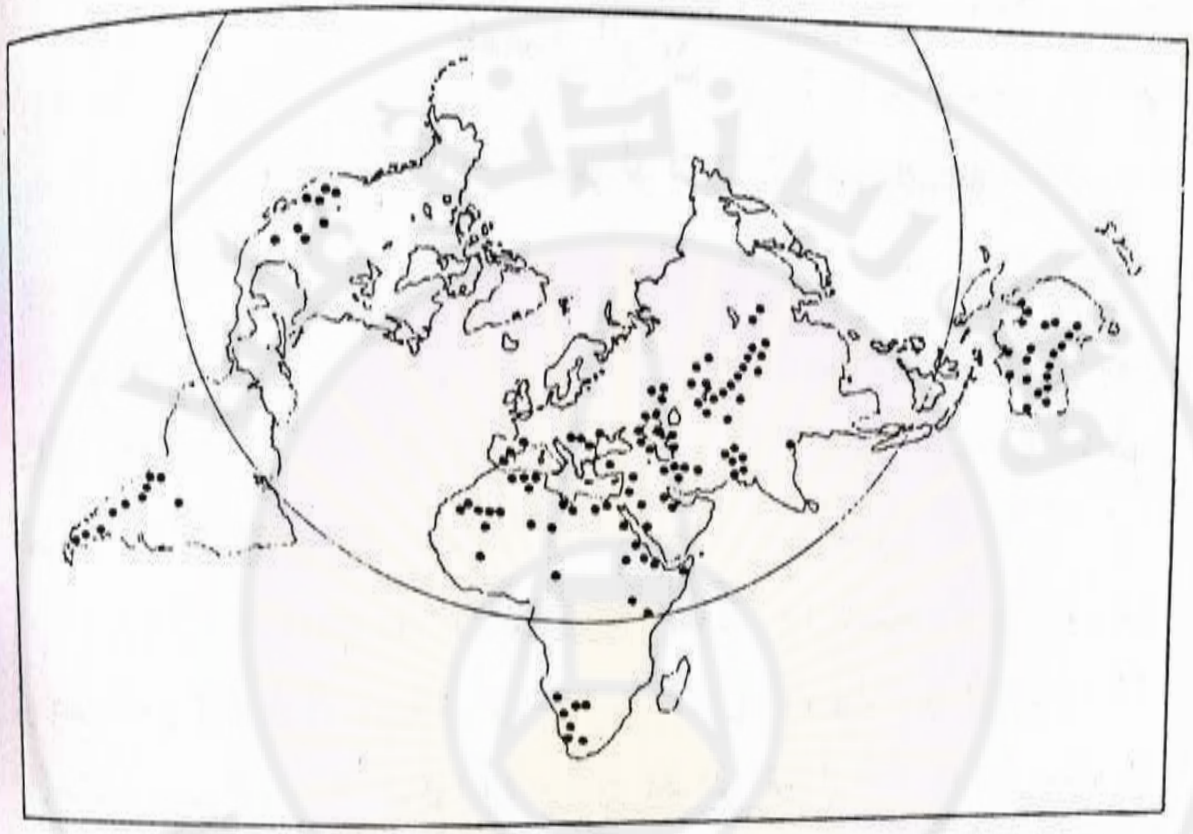
السولونتس هي الترب التي يحوي معقّد امتزازها نسبة عالية من الصوديوم التبادلي (ESP) في أفق الترسيب B_t تزيد على 20 ٪ من السعة الإمتزازية حسب التصنيف الروسي وعلى 15٪ حسب التصنيف الأمريكي والدولي.

وتتوضع هذه الترب غالباً في الوهاد والمنخفضات وفي السهول رديئة الصرف أو عديمته، وكذلك في أسرة الوديان. وعند مقارنة السولونتس بالسولونتشاك يلاحظ توضع الأولى في تلك المواقع التي تتعرض لغسل الأملاح من طبقتها السطحية.

تبين الخريطة (4 – 1) توزع السولونتس في العالم.

الخصائص الأساسية لعملية تكوين ترب السولونتس وفرضيات نشوئها:

على الرغم من انتساب السولونتس إلى الترب المتأثرة بالأملاح، إلا أن الأملاح تتوضع فيها على عمق معين، ولا تحتوي الطبقة السطحية من التربة سوى نسبة ضئيلة من الأملاح الذوابة. ولا تختلف السولونتس عن السولونتشاك بنسبة الأملاح وتوضعها فحسب وإنما بالهجرة الواضحة للغرويات من الطبقة السطحية وترسبها في مقطع التربة مكونةً أفق ترسيب واضح هو الأفق القلوي B_t الذي يمكن تمييزه والتعرف عليه بسهولة استناداً إلى خصائصه المورفولوجية. ويلخّص الشكل (4 – 1) معطيات عامة عن السولونتس.



الخريطة (4 – 1) توزُّع السولونتس في العالم

تترافق عملية القلونة Solonization في تكوين الترب مع تخريب شديد للجزء المعدني والعضوي وهجرتهما في مقطع الترب، إذ تحدث في ظروف تفاعل الوسط القلوي، ونتيجة لتلك الهجرة يتمايز مقطع التربة بدرجة كبيرة إلى آفاق مختلفة.

وتنتشر فرضيات متعددة حول نشأة السولونتس، لكن جميعها يتفق على أن لشاردة الصوديوم الدور الأساسي في تطوُّر الخصائص السيئة لترب السولونتس. فاستناداً إلى الفرضيَّة الكيميائية الغرويدية لغدرويتس Gedroiz تتكون السولونتس عند إزالة ملوحة السولونتشاك الغنية بأملاح الصوديوم المتعادلة. ففي الترب التي

تحتوي على نسب كبيرة من أملاح الصوديوم تصبح الظروف ملائمة لتشبع معقد الإمتزاز بشوارد الصوديوم بعد أن تزيح غيرها من الهوابط Cations، وتفقد دقائق التربة المشبعة بالصوديوم تجمعّها لأن شوارد الصوديوم شديدة الإماهة. وتتصف الغرويدات الغنية بالصوديوم بمقدرتها على تثبيت الماء على سطوحها، وبشدة انتباجها وثباتها وصمودها ضد التخثر وكذلك بسهولة حركتها. وعند وجود تلك الشوارد بمقدار كبير ترتفع بشدة انحلالية المواد العضوية والمعدنية نتيجةً لظهور التفاعل القلوي في التربة. وينشأ هذا التفاعل عن حلمأة المعادن وكذلك عن التفاعل التبادلي بين الصوديوم الممتز وكالسيوم بيكربونات محلول التربة وذلك حسب المعادلة التالية :

$$Ca + 2\,NaHCO_3 \text{ (معقد الامتزاز)} \quad \rightleftarrows \quad {}^{Na}_{Na} + Ca(HCO_3)_2 \text{ (معقد الامتزاز)}$$

تساعد قلونة المحلول في استمرار تبعثر غرويدات التربة الذي يسهل غسل هذه الغرويدات من الأفق السطحي نحو الأسفل، وعندما تصادف الكتروليتات (كهارل) الأملاح فإنها تتخثر متحولة من حلالات Sols إلى هلامات Gels وتتجمع مؤدية إلى تكوين أفق الترسيب أو الأفق القلوي Solonetzic Horizon.

يميز غدرويتس مرحلتين في تطور ترب السولونتس: تتضمن الأولى تملّح الترب بأملاح الصوديوم المتعادلة لتكوين السولونتشاك، بينما تتلخص المرحلة الثانية بتحلية (إزالة ملوحة) Desalinization السولونتشاك وتنامي قلونة الترب مع ما يميزها من بناء خاص بالمقطع وغيره من الخصائص.

ولقد أبرز غدرويتس ثلاثة أطوار في مرحلة تحلية السولونتشاك هي:

آ - إبعاد الأملاح الذوابة.

ب - تكوين الصودا.

جـ - تبعثر دقائق التربة ونقلها إلى الأسفل في مقطع التربة.

كما أن نظرة غلينكا Glinka إلى تكوين السولونتس قريبة من هذا المعنى إذ افترض تكوّن السولونتس من خلال تتابع عمليات تملّح التربة بأملاح الصوديوم ثم تحليتها.

لكن نتائج الدراسات اللاحقة بيّنت أن تكوين السولونتس عند تحلية السولونتشاك يمكن أن يتم فقط في تلك الحالة التي تكون فيها نسبة الصوديوم إلى الكالسيوم والمغنزيوم في أملاح التربة كما يلي: (عن Ivanova) $\frac{Na}{Ca + Mg} > 4$ وهذا هو مبدأ تحديد SAR في المدرسة الغربية والذي يساوي

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} .$$

وفي الظروف الطبيعية فإن تلك النسبة لا تصادف إلا نادراً جداً، فعند تحلية السولونتشاك التي تشكل فيها املاح الكالسيوم أكثر من 20٪ من الأملاح، فإن خصائص القلونة لا تظهر في تلك الترب، وعلى هذا الأساس فإن فرضية نشوء السولونتس عند تحلية السولونتشاك لا يمكن عدّها الطريقة الوحيدة والشاملة لتكوين السولونتس.

أما الفرضية الثانية فهي البيولوجية التي طورها وليامز Wiliams الذي عدَّ النباتات السهبية نصف الصحراوية مثل الأشنان والشيح والحمض المصدر الأساسي لأملاح الصوديوم، فعند تمعدن مخلفات تلك النباتات فإنها تعطي كميات كبيرة من الأملاح ومن بينها الصودا. وإن إغناء الترب بالأملاح الذوّابة وبخاصة الصوديومية يعمل على تشبع معقد الامتزاز بالصوديوم، وتتحول الترب غير المقلونة تدريجياً إلى ترب مقلونة ثم قلوية، وعند ازدياد تركيز الأملاح ـ وهذا ما يلاحظ في التضاريس المنخفضة ـ فإن السولونتس تتطور إلى سولونتشاك، وعلى هذا الأساس تتطور ملوحة التربة برأي وليامز حسب التسلسل التالي :

تربة غير مملحة أو مقلونة ← تربة مقلونةSolontzic ←تربـةقلوية (سولونتس) ← تربة مالحة (سولونتشاك).

لقد أوضحت دراسات السنوات الأخيرة أنه يمكن تكوّن الـترب القلويـة دون المـرور بمرحلـة تكـوّن السولونتشـاك (عـن كوفـدا Kovda)، إذ يمكـــن أن يتكـــون السولونتس إذا كانت الصودا هـي مصـدر الصوديـوم الـذي يُمتزُّ بسـهولة في هـذه الظروف.

نتيجة لارتفاع نسبة الغرويدات المترسبة في الأفق القلوي فإنه يصبح غير نفوذ للماء وعند جفاف ذلك الأفق فإنه يتشقق ويتهدم إلى وحدات بنيوية كبيرة غالباً ما تكون موشورية، أما عند تعرضه للرطوبة فإنه ينتبج كثيراً ويصبح طبقة حاملة للماء غير نفوذة.

إن تعرض الترب لزيادة الرطوبة دورياً يؤدى إلى نشوء عمليـات الارجـاع في آفاقها السطحية، ويترافق ذلـك مـع زيـادة قلونـة الوسـط ونشـاط عمليـات تجوية المعادن الأولية والثانوية وتهديمها إلى أكاسيد ونقلها إلى الأسـفل بصـورة حـلالات غرويدية أو بصورة معقدات معدنية عضوية لتتوضع في افـق الترسيب، وفي الوقـت نفسه تزداد تجوية المعادن الأولية في الأفق القلوي مما يزيد من نسبة الغضار كثـيراً في ذلك الأفق.

ومن خصائص أفـق الترسيب القلـوي احتـواؤه أثنـاء الجفـاف علـى شـقوق شاقولية ، يدخل من خلالها ـ في الفترات الأولى مـن الـترطيب ـ المـاء الراشـح مـن الطبقة السطحية حاملاً معه الحلالات الغرويدية. وهكـذا يتكـون افـق الترسـيب في حدود مقطع التربة وينخفض عمق توضع الأملاح، وتسوّى وتصقل سطوح الكتـل الترابية والمواشير بفعل الماء وتأخذ شكلاً مكوراً مميزاً للبنى العمدية.

تجري عملية القلونة بمشاركة النباتات العشبية، ونتيجة لذلك فإنه عند تكوين الترب القلوية تظهر عملية التكوين العشبي Soddy Formation حيث يتعلق نشـاطها

وعندما تحتوي السولونتس على نسبة عالية من الأملاح الذوابة فإنها تكوّن الترب المالحة القلوية Solonetz - Solonchak وتجمع بين صفات التربتين المذكورتين.

تقسيم الترب المتأثرة بالأملاح حسب المدرسة الأمريكية :

يقسّم مخبر بحوث التربة الملحية في الولايات المتحدة الأمريكية الترب المتأثرة بالأملاح إلى الأنواع التالية :

1 - ترب ملحية غير صودية Saline nonsodic soils :

تتصف هذه الترب باحتوائها على نسبة كبيرة من الأملاح الذوابة في الماء، وعادة لا يزيد محتوى الصوديوم الذائب في مستخلص العجينة المشبعة على نصف الكاتيونات الذائبة، وبالتالي فإن الصوديوم التبادلي قليل نسبياً، وتختلف نسبة الكالسيوم والمغنزيوم من تربة لأخرى سواءً الذائب منهما أم الممتز. وتسود الملوحة الكلوريدية أو السلفاتية أو كلتاهما، إذ لا توجد الكربونات الذائبة عادة، يبلغ التوصيل الكهربائي لمستخلص العجينة المشبعة لهذه الترب عند درجة 25° م 4 مليموز/سم أو أكثر، ولا تتعدّى النسبة المئوية للصوديوم الممتز 15 ٪ من السعة التبادلية الكاتيونية، ولا يزيد رقم الحموضة على 8,5. ونظراً لوجود الأملاح تكون غرويات التربة متخثرة وبالتالي تكون نفاذية الماء في التربة جيدة.

2 - ترب صودية غير ملحية Sodic nonsaline soils :

يقلُّ التوصيل الكهربائي لمستخلص العجينة المشبعة في هذه الترب عن 4 مليموز/سم عند درجة 25 م ، وتزيد نسبة الصوديوم التبادلي (ESP) على 15 ٪ من سعة التبادل الكاتيوني، لذلك يرتفع رقم الحموضة pH إلى أكثر من 8,5 في الأفق القلوي أو الصودي B_1.

تتصف هذه الترب بارتفاع محتوى كربونات الصوديوم، التي تسهم بفعالية في نشوء هذه الترب. وتشبه هذه الترب السولونتس في المدرسة الروسية كثيراً وتعد في كثير من الحالات مرادفاً لها.

3 ـ ترب ملحية صودية Saline sodic soils :

هي الترب التي يزيد التوصيل الكهربائي لمستخلص عجينتها المشبعة على 4 مليموز/سم عند درجة 25 م، كما تزيد نسبة الصوديوم التبادلي على 15 ٪ من السعة التبادلية، ونظراً لوجود تركيز عالٍ نسبياً من الأملاح الذوابة فإن رقم الحموضة لا يتعدى 8,5، وقد تحتوي هذه الترب على أملاح غير ذوابة مثل كربونات الكالسيوم والمغنزيوم كما تحتوي على الجبس.

ويلخص الجدول (4 – 2) تصنيف الترب المتأثرة بالأملاح حسب المدرسة الأمريكية والـ FAO.

جدول (4 – 2)

نوعية التربة	التوصيل الكهربائي لمستخلص العجينة المشبعة مليموز/سم	النسبة المئوية للصوديوم الممتز أو التبادلي	pH المعلق المائي للتربة 1:1
تربة عادية	أقل من 4	أقل من 15	أقل من 8,5
تربة قلوية (صودية)	أقل من 4	أكثر من 15	أكثر من 8,5
تربة ملحية	أكثر من 4	أقل من 15	أقل من 8,5
تربة ملحية قلوية (صودية)	أكثر من 4	أكثر من 15	أقل من 8,5

تعيين درجة ملوحة التربة حسب المدرسة الأمريكية :

يقسّم مخبر بحوث الترب الملحية الأمريكي الترب استناداً إلى تركيز الأملاح فيها من خلال التوصيل الكهربائي لمستخلص العجينة المشبعة عند درجة 25 م، وانعكاس التركيز على صلاحية الترب لنمو المزروعات وذلك حسب الجدول (4 – 3) التالي :

الفصل الخامس

طرائق استصلاح الترب المتأثرة بالأملاح

تستخدم طرائق مختلفة في استصلاح الترب المتأثرة بالأملاح يمكن تلخيصها بما يلي :

أولاً ـ طرائق فيزيائية :

تستخدم لاستصلاح الترب المتملحة عدة أساليب في الخدمة الميكانيكية، منها الحراثة العميقة والنقب أو التفكيك العميق لتحت التربة، واضافة الرمل، وأخيراً خلط آفاق التربة أو تبديل مواقعها، وتهدف هذه الأساليب لزيادة نفاذية الماء والهواء في التربة، ويمكن أن يتحقق ذلك مباشرة من خلال خلط الآفاق خفيفة التركيب الميكانيكي مع الثقيلة، وتهديم الطبقات غير النفوذة أو اضافة الرمل إلى الترب الطينية.

1 ـ الحراثة العميقة Deep Plowing :

تجري هذه الحراثة عادة في الترب المتملحة المروية عندما تتناوب في التربة طبقات غير نفوذة مع أخرى أكثر نفوذية. وفي الترب القلوية التي تحوي طبقة جبسية على عمق معين فإن مثل هذه الحراثة تعمل على تفكيك الأفق القلوي وقلب الطبقة الجبسية لتوضعها في الطبقة السطحية فتسهم في عملية استصلاح السولونتس ذاتياً دون الحاجة إلى اضافة الجبس من مصادر أخرى.

وتستخدم هذه الطريقة بشكل واسع في مناطق الفولغا السفلى في روسيا ووادي نهر الملح في أريزونا وفي تكساس ونيوميكسيكو في أمريكا.

2 ـ النقب العميق لتحت التربة Deep Subsurface Lossenting :

تنفّذ هذه العملية بوساطة جرارات ضخمة مخصصة لهذا الغرض، مزودة بمحاريث خاصة يمكن أن تتعمق داخل التربة لتصل إلى 150 سم أو أكثر، وتعمل على فتح أخاديد أو أثلام عميقة تحسِّن نفاذية التربة. ويستمر التأثير الايجابي لهذا النقب فترة تتراوح بين موسم واحد إذا لم يهدّم الأفق الكتيم وعدة سنوات إذا تمّ تهديم الأفق الكتيم مثل الأفق B_1 أو الأفق الكربوناتي.

3 ـ اضافة الرمل Addition of Sand :

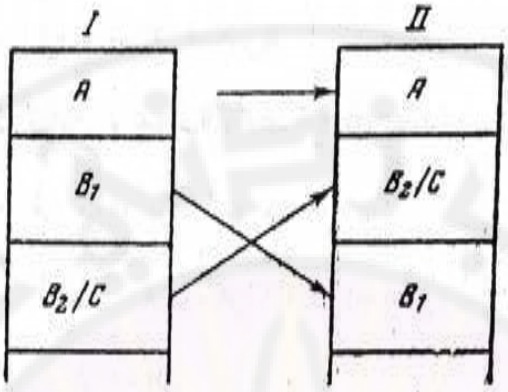
تُعدّ وسيلة ناجعة لزيادة نفاذية الطبقة السطحية للترب الثقيلة، فعند اضافة الرمل للتربة تسهل عملية غسل الأملاح نتيجة لتغير التركيب الميكانيكي وزيادة النفاذية، كما تصبح الظروف أكثر ملاءمة لانتشار المجموعة الجذرية للنباتات.

ويحدُّ من انتشار استخدام هذه الوسيلة ارتفاع تكاليف نقل الرمل واضافته للتربة، ويمكن أن تكون هذه الطريقة اقتصادية إذا توضعت مصادر الرمل قريباً من الترب التي يراد استصلاحها، كما يحدث في مقاطعة الميريا في اسبانيا.

لقد تم الحصول على نتائج مشجعة في تركمانيا من ترافق حراثة عميقة (50 – 70 سم) مع اضافة الرمل بمعدل 500 ـ 700 طن/هكتار مع مقنن غسل مقداره 10 - 15 الف $م^3$/هكتار.

4 ـ تبديل مواضع الآفاق Exchange of Horizons:

تتم هذه العملية عند وجود طبقات سطحية ملائمة للزراعة تتوضع على طبقات غير ملائمة للزراعة كما هو الحال في السولونتس. تتلخص هذه العملية بابقاء الطبقة السطحية في مكانها وتبديل بالأفق B_1 الأفق B_2 كما هو واضح من الشكل (5–1).



الشكل (5–1) مخطط حراثة السولونتس بمحراث ثلاثي الطوابق

في نطاق الترب الكستنائية

I – مقطع الترب البكر

II – مقطع الترب المحروثة

ويستخدم لتنفيذ هذه العملية محراث خاص ثلاثي الدرجات، فإن احتوى الأفق B_2 على نسبة كافية من الجبس فإن الاستصلاح يتم بدون اضافة المصلحات الكيميائية للتربة. وتعد هذه الطريقة فعّالة حتى ولو لم يحتو الأفق B_2 على نسبة كافية من الجبس، إذ تكون خواصه الزراعية عادة أفضل من خواص الأفق B_1 وبالتالي تزداد سماكة الطبقة النفوذة عند توضع الأفق B_2 فوق الأفق B_1 .

ثانياً ـ طرائق الاستصلاح البيولوجية :

تعمل الكائنات الحية حتى بعد موتها على استصلاح الترب المالحة والقلوية إذ تؤثر بشكلين:

1 ـ تحسين نفاذية التربة.

2 ـ طرح غاز الكربون أثناء تنفس الأحياء أو تفسخ مخلفاتها. كما يقلل تظليل التربة بالغطاء النباتي من بخر الرطوبة من سطح التربة مما يبطئ من سرعة تملح الطبقات السطحية للتربة عند صعود المياه شعرياً. ويندرج تحت الاستصلاح البيولوجي زراعة البقوليات وبخاصة الفصّة Luzeme في المناطق المروية في كثر من الترب المتملحة في العالم. وبفضل تعمق المجموعة الجذرية للفصّة كثيراً ينخفض مستوى المياه الأرضية التي لا تعتمد قي تغذيتها على تيارات مائية عميقة المصدر، ويسمح هذا بغسل التربة لأعماق كبيرة.

إن إضافة مقننات كبيرة من السماد العضوي إلى الترب تحسن نفاذية الآفاق السطحية وتجعلها أكثر سلاسة، كما يزداد تكوّن غاز الكربون عند تفسخ السماد العضوي ويوثر هذا إيجاباً في استصلاح الترب القلوية الكلسية.

ثالثاً ـ طرائق الاستصلاح الكيميائية :

تستخدم المصلحات الكيميائية بغية معادلة الصودا الموجودة في ترب السولونتس، وكذلك لإحلال الكالسيوم عوضاً عن الصوديوم في معقد الإمتزاز. ويمكن إجمال المواد المستخدمة في الاستصلاح في ثلاثة أنواع :

1 ـ أملاح الكالسيوم الذوابة مثل $CaCl_2$ و $CaSO_4 . 2H_2O$.

2 ـ مركبات الكالسيوم ضعيفة الذوبان مثل الجير $CaCO_3$ ومخلفات صناعة السكر $Ca(OH)_2$.

3 ـ مواد حامضية ـ مثل الحموض اللاعضوية ـ وبخاصة H_2SO_4 وكذلك الكبريت وسلفات الحديد الثنائي $FeSO_4$، إذ تتفاعل هذه المواد مباشرة أو بعد تحوّلها، مع كربونات التربة مكونة الجبس، مصدر الكالسيوم الذواب. ويعد الجبس المادة الرئيسة في الاستصلاح من الناحية العملية وذلك لغلاء أسعار المواد الأخرى أو لأسباب مختلفة ستناقش في فصل لاحق.

رابعاً ـ طرائق الاستصلاح باستخدام التقنيات المائية :

يعد غسل وصرف ماء الغسل شرطين أساسيين لنجاح استصلاح الترب المالحة والقلوية. وإن الطريقة العملية لإبعاد أو إزالة ملوحة التربة تقوم على غسل هذه الأملاح من مقطع التربة، وفي هذه الحالة يجب اتخاذ التدابير الكفيلة بمنع حدوث القلونة أو التملح الثانوي في التربة. وفي حالات نادرة تكون الترب المالحة وموادّها الأم جيدة النفاذية لعمق كبير مما يمكّن من غسل التربة دون انشاء المصارف.

وتتمثل أهمية الصرف في خفض مستوى المياه الأرضية بهدف استصلاح الترب المستنقعية والمتملحة. ومن المعروف أنه لتكثيف الزراعة في ظروف الترب المالحة المروية أو الترب المالحة التي يتوضع الماء الأرضي على عمق قليل، يصبح الصرف أمراً لا يمكن الإستغناء عنه، ويجب أن لا ينحصر الصرف في تحلية (اعذاب) الطبقة السطحية من التربة فحسب وإنما يجب أن يتجاوزها ليشمل طبقات اعمق من التربة والمياه الأرضية. لهذا يهتم الصرف بالنظام المائي والملحي للترب وما تحتها من مواد.

وتنتشر طرائق عدة للصرف منها الشاقولي والأفقي وهذا يضم الصرف العميق أو الضحل (السطحي) وغيرها. ولقد أثبت الصرف الشاقولي فعالية كبيرة في ظروف معينة وذلك عند وجود طبقات جيدة النفاذية في أعماق الأرض. ولم يحقق الإستخدام الواسع للصرف الأفقي قليل العمق (1,0 ـ 1,5 م) الغاية المرجوة منه، على عكس الصرف العميق الذي أثبت كفاية عالية في تحلية الترب المالحة.

خامساً ـ الاستصلاح الكهربائي :

لقد بينت بعض الدراسات في الولايات المتحدة وغيرها أن تعريض التربة لتيار كهربائي مستمر يمكن أن يؤدي إلى استصلاح الترب صوديومية الملوحة بما فيها

الترب الصودية، كما يمكن بهذه الآلية تحسين طرائق الاستصلاح العادية بما فيها عمليات الغسل .

ولقد تم الحصول على أولى النتائج المشجعة في مونتانا في الولايات المتحدة عند إمرار تيار كهربائي في تربة مستنقعية مالحة لم تكن تعطي أي محصول زراعي، وبعد خمسين يوماً من إمرار التيار المذكور تغطت التربة وبصورة كثيفة بمختلف أنواع الأعشاب، ونتيجة لاستخدام هذه الطريقة ارتفع تركيز الصوديوم في ماء الصرف من 1,5 إلى 37 غ/لتر. لقد بدأ استعمال هذه الطريقة في دول متعددة إلا أنها ما زالت محدودة الإنتشار.

سادساً ـ الأثر التساندي لطرائق الاستصلاح :

يمكن تسريع استصلاح الترب باستخدام عدد من طرائق الاستصلاح معاً، فالحراثة العميقة أو النقب العميق للتربة يزيد من فعالية غسل الترب المالحة التي تحوي طبقات كتيمة، كما أن تبديل مواضع الآفاق في مقطع التربة وترافقه مع استعمال كميات كبيرة من الزبل أو الغسل تسرّع من تحسين الترب القلوية.

يجب أن يقوم اختيار طريقة الاستصلاح على أسس تسمح باتخاذ التدابير الضرورية في الحالة الراهنة، فالترب المالحة تحتاج إلى الغسل والصرف ولعله من المفيد تحسين نفاذيتها بطرائق الاستصلاح الفيزيائية.

أما الترب القلوية فإنها بحاجة إلى تعديل الصودا الحرة واستبدال بالصوديوم الممتز الكالسيوم، ثم ابعاد أملاح الصوديوم الناتجة عن التفاعل التبادلي، وهنا يمكن أن تساعد على ذلك سائر طرائق الاستصلاح من كيميائية وبيولوجية وفيزيائية التي تمد التربة بأملاح الكالسيوم الذوابة، وإن استخدام طرائق الاستصلاح المذكورة معاً تسرع عملية الاستصلاح، إذ تعمل الطريقة الكيميائية على ازاحة الصوديوم من معقد الامتزاز وتعمل الطريقتان البيولوجية والفيزيائية على تحسين نفاذية التربة وبالتالي سهولة غسل وصرف المياه الغنية بأملاح الصوديوم. وتجدر الإشارة إلى أن استصلاح الترب المالحة القلوية يشبه من حيث المبدأ استصلاح الترب القلوية.

الفصل السادس

استصلاح السولونتس

Reclamation of Solonetz

يهدف استصلاح السولونتس بالدرجة الأولى إلى تحسين الخواص الفيزيائية السيئة للتربة، الناتجة عن وجود الصوديوم الممتز بنسبة كبيرة، وإلى توفير الظروف الملائمة لنمو وتطور المزروعات. ويجب أن تتجه عمليات الاستصلاح الأساسية إلى تقليل بعثرة الطور الصلب وولعه بالماء وذلك بإشباع غرويدات التربة بالكالسيوم من مصادر ملحية متعددة، أكثرها استعمالاً هو الجبس نظراً لمزاياه العديدة، إذ يعمل الكالسيوم على إزاحة الصوديوم من معقد الإمتزاز وفق المعادلة التالية :

$$[\text{معقد الامتزاز } {}^{=}_{=}{}^{2Na}_{Ca}] + Ca\,SO_4 \rightarrow [\text{معقد الامتزاز } {}^{=}_{=}{}^{Ca}_{Ca}] + Na_2\,SO_4$$

وعند حدوث التفاعل السابق تتعدل القلوية ويقل الولع بالماء وتتخثّر الغرويدات وتضعف الخواص السيئة للسولونتس. إما إذا احتوت التربة على قليل من الصوديوم وكثير من المغنزيوم الممتز فإن إضافة الجبس تمنع دخول الأشكال السامة من هيومات المغنزيوم إلى محلول التربة وتحسّن التغذية الكلسية للنباتات.

وتجدر الإشارة إلى أن تفاعل المصلحات الكيميائية مع غرويدات التربة هو تفاعل عكوس، لذا يجب التخلص من نواتج التفاعل الملحية باستعمال الري أو باستخدام التقانات الزراعية الكفيلة بزيادة رطوبة التربة لإزاحة الصوديوم من طبقة التربة.

وتفضل إضافة الأسمدة عند استعمال الجبس، إذ أن إضافة الجبس تقلل بدرجة كبيرة انحلال المركبات العضوية ويقل نشاطها البيوكيميائي، وقد ينعكس ذلك بانخفاض انتاجية المحاصيل الزراعية في السنة الأولى لإضافة لجبس نظراً لسوء تغذية النباتات. ويضاف الجبس عادة إلى الطبقة السطحية لعمق 30 سم بعد طحنه لحبيبات أقطارها نحو 2 مم ثم نثرها بشكل منتظم في طبقة التربة وبخاصة في الظروف البعلية، لذلك تضاف نصف الكمية المخصصة قبل الحراثة القلابة والنصف الآخر وقت عزق التربة.

تتوقف كمية الجبس اللازمة لاستصلاح السولونتس على نسبة الصوديوم الممتز، وتتراوح كمية الجبس بين 8 - 10 أطنان/هكتار للسولونتس المرجية الصودية و 3 - 5 أطنان/هكتار للسولونتس السهبية غير الصودية.

وتحسب كمية الجبس اللازمة من المعادلة التالية :

$$CaSO_4 . 2H_2O = 0,086 (Na - 0,05 E) \; L . D$$ طن/هكتار

حيث :

0,086 - تحويل 1 مليمكافىء جبس إلى غرام.

Na - عدد مليمكافئات الصوديوم الممتز في 100 غرام تربة في الأفق B_1.

E - سعة الإمتزاز بالمليمكافىء في 100 غرام تربة في الأفق B_1.

0,05 - نسبة الصوديوم الممتز التي يسمح ببقائها ممتزة وقد ترفع هذه النسبة إلى 0,1 E في بعض الحسابات.

L - عمق طبقة الحراثة بالسنتيمتر.

D - الكثافة الظاهرية أو الوزن الحجمي للأفق B_1 غ/سم^3.

أما عند وجود كربونات الصوديوم في التربة فيجب أن تضاف كمية من الجبس تكفي للتخلص منها إضافة لما هو محسوب لإزالة الصوديوم الممتز.

وقد يعمد إلى ضرب كمية الجبس الناتجة عن المعادلة السابقة بمعامل تصحيح وذلك حسب مردود الإفادة من الجبس.

ويمكن استخدام عدد كبير من المصلحات سيأتي ذكرها لاحقاً من بينها الكبريت والجير وكلوريد الكالسيوم والأحماض المختلفة وكبريتات الحديد الثنائي واللغنين وغيرها.

وتنتشر على نطاق واسع الطريقة البيولوجية الزراعية لتحسين السولونتس، وتتلخص باستعمال أملاح الكالسيوم الموجودة أصلاً في التربة لاستصلاح تلك التربة وذلك بقلب الأفق B_2 فوق الأفق B_1 القلوي، ويتم ذلك بوساطة محراث خاص يتعمق إلى 35 - 40 سم أو أكثر، وبعد قلب التربة تضاف الأسمدة وتزرع الأعشاب المعمرة وبخاصة الفّصة، وتتخذ الإجراءات الكفيلة بتوفير الرطوبة لتحسين نمو الأعشاب وتسريع عملية الاستصلاح. وعند توافر الري يكون تأثير هذه الطريقة عالياً جداً، غير أن تأثيرها يصبح أضعف في الظروف البعلية رغم بقائه فعالاً بشكل كاف.

عند استثمار السولونتس واستزراعها يجب الإهتمام بشكل جيد بخدمة التربة، واستعمال المحاريث والحراثات الملائمة التي تختلف من سولونتس لأخرى وذلك حسب توضع الأملاح فيها.

كما أن وجود السولونتس بصورة بقع في تضاريس صغيرة منخفضة بين ترب مُقَلْونة يجعل من السهل تغطية هذه البقع من الترب المجاورة من خلال تسويه سطح التربة.

عند استخدام ترب السولونتس لإنتاج الأعلاف يجب انتخاب المحاصيل العلفية المتحملة للقلونة. وتجدر الإشارة إلى أن استصلاح السولونتس يتباين كثيراً

نظراً لتباين خواص تلك الترب. ونورد فيما يلي أهم المصلحات الكيميائية وخصائصها .

المصلحات الكيميائية للترب الصودية (السولونتس):

إن أهم ما يُميِّز الترب الصودية غير الملحية من الناحية الكيميائية الخصائص التالية :

1 - النسبة المئوية للصوديوم التبادلي فيها أكثر من 15 في المائة من السعة التبادلية الكاتيونية.

2 - رقم الحموضة عادة أعلى من 8,5 .

3 - تحتوي الترب الصودية غير الملحية على نسبة ضئيلة من الأملاح ولذلك فإن التوصيل الكهربائي لمستخلص عجينتها المشبعة لا يزيد عادة على 4 مليموز/سم عند درجة 25° م.

ومن أهم الخواص الفيزيائية للترب الصودية غير الملحية صعوبة نفاذية الماء خلالها وسوء تهويتها نظراً لتقارب حبيباتها المفرقة ولذلك فهي غير ملائمة لنمو النبات.

ولا يكفي غسل التربة الصودية بالماء وحده في أغلب الظروف لخفض نسبة الصوديوم التبادلي. ولعل أحد الأسباب هو سوء نفاذية الماء خلالها، كما أن هذه التربة ذات رقم حموضة مرتفع ويكون ذوبان كربونات الكالسيوم في هذا الرقم المرتفع ضئيلاً بخاصة وأن التربة في هذه الحالة تحتوي على كربونات الصوديوم التي تخفض أيضاً ذوبان كربونات الكالسيوم كما مر سابقاً.

وفي حالة عدم احتواء التربة الملحية الصودية على كربونات أو كبريتات كالسيوم فإن غسلها بالماء فقط دون إمدادها بشوارد الكالسيوم لا يكفي لخفض نسبة الصوديوم التبادلي فيها.

ويتم في حالة الترب الصودية غير الملحية وكذلك الترب الصودية المنحية الخالية من كربونات وكبريتات الكالسيوم إمداد هذه التربة بالكالسيوم إما مباشرة وذلك بإضافة أحد أملاح الكالسيوم، أو بصورة غير مباشرة وذلك بإضافة بعض المواد التي ينتج عن تأثيرها في التربة توفير الكالسيوم الذائب.

المواد التي تمدُّ الترب بالكالسيوم مباشرة: إن أكثر مركبات الكالسيوم شيوعاً في الطبيعة هي : كربونات الكالسيوم ـ ماءات الكالسيوم ـ كلوريد الكالسيوم ـ كبريتات الكالسيوم.

المواد التي تزوِّد الترب بالكالسيوم عن طريق غير مباشرة: تشمل بعض الأحماض أو المواد التي تنتج حموضة زائدة في التربة تتفاعل مع كربونات الكالسيوم معطية شوارد الكالسيوم، ومن هذه المواد الكبريت ـ حمض الكبريت ـ حمض كلور الماء ـ كبريتات الحديدي ـ كبريتات الألومنيوم ـ بولي كبريتيد الكالسيوم.

وتقسم الترب الصودية من حيث استجابتها لأنواع المصلحات إلى ثلاثة أقسام هي :

1 ـ ترب تحتوي على كربونات كالسيوم.

2 ـ ترب ذات رقم حموضة أقل من 7,5 في الطبقة السطحية وتكاد تكون خالية من كربونات الكالسيوم.

3 ـ ترب ذات رقم حموضة أعلى من 7,5 ولا تحوي كربونات كالسيوم.

ويمكن القول بصفة عامة أن ترب النوع الأول (المحتوية على كربونات كالسيوم) تستصلح بإضافة أي مادة من المواد الكيميائية المذكورة التي تمد التربة بالكالسيوم بصورة مباشرة أو غير مباشرة.

أما ترب النوعين الأخيرين فلا ينصح عادة بإضافة الأحماض لها أو المواد التي تنتج عنها حموضة زائدة بالتربة كالكبريت أو الأحماض، ولذا يتم استصلاح مثل هذه الترب باستعمال المواد الكلسية.

الفصل السابع

استصلاح الترب المالحة

Reclamation of saline soils

اجراءات تلافي ومكافحة تملّح الترب المروية وتغدّقها :

يمكن تقسيم الإجراءات الوقائية وأساليب مكافحة تملّح الترب المروية وتغدّقها في المجموعتين التاليتين :

1 ـ الإجراءات العامة الضرورية لظروف الزراعة المروية كافة.

2 ـ الإجراءات المحلية الضرورية لظروف معينة.

ويدخل ضمن المجموعة الأولى الإجراءات التالية :

آ ـ الإجراءات الهادفة إلى تقليل كل من تغذية المياه الأرضية (الجوفية) وحلول الأملاح في الأراضي المروية.

ب ـ الإجراءات الهادفة إلى تقليل تبخّر المياه الأرضية.

أولاً ـ الإجراءات الهادفة إلى تقليل كلٍ من تغذية المياه الأرضية وحلول الأملاح في الأراضي المروية:

وتتضمن مايلي :

1 ـ استعمال المياه بصورة مقنّنة ومنظّمة:

استناداً إلى خصائص التربة، وعمق توضع الماء الأرضي وملوحته، وتركيب المحاصيل الزراعية فإنه يجب أن يتحدد في كل شبكة ري مقنن الرية الواحدة والمقنن المائي أو مقنن الري ونظم الري المتبعة، إضافة إلى تعيين الحدود الإجمالية لتخصيص أو توزيع المياه. ويتم على أساس مقننات الري والحدود المذكورة وضع خطط استعمالات المياه في شبكات الري سواء في موسم النمو النباتي أو خارجه. فعلى سبيل المثال، عند زراعة القطن والفصّة والفاكهة في جمهوريات آسيا الوسطى تبلغ الحدود الإجمالية لتخصيص المياه 10 ـ 12 ألف م^3/هكتار. أما في سورية فتبلغ أقل من ذلك، في حوض الفرات.

ومن الطبيعي أن زيادة مياه الري ستغذي الماء الأرضي مما يعمل على ارتفاع مستواه. ويجب أن يراعى في خطط استعمال المياه إغلاق (قطع) شبكات الري لمدة 2 ـ 4 شهور في العام لإجراء عمليات الصيانة، ويراعى أن تكون خلال فصل الشتاء.

إن استعمال المياه بصورة مقنّنة وصحيحة يمكن أن يقلل من وصول الماء والأملاح الذوابة إلى الأراضي المروية بنسبة قد تصل إلى 20 ـ 30 ٪.

2 ـ تحسين استثمار شبكة الري والمنشآت وصيانتها:

ويُعدّ هذا واحداً من الإجراءات الوقائية المهمة التي تهدف إلى تقليل تغذية الماء الأرضي. وتتضمن مكافحة تسرّب المياه إلى أقنية الري أو طرح مياه الري الفائضة إلى داخل الأراضي المروية، وكذلك منع وصول مياه الفيضانات إلى أراضي الواحات.

ولتحقيق هذه الإجراءات يتوجب تنفيذ التنظيف الدوري وإصلاح وصيانة شبكة الري والمنشآت المنظمة، والصيانة الجيدة وإتمام الأعمال على شبكة الفوالق

الناتجة عن الإنجرافات، وتقوية جدران الأقنية وضفاف الأنهار في المواقع الخطرة المهددة بالغمر بمياه الفيضانات التي يمكن أن تحدث أثناء عمليات الغسل. ويجب أيضاً تنظيم مراقبة مائية محددة لحساب وتعيين وصول الماء.

3 ـ تحسين تقانة السقايات :

إن استخدام طريقة الري بالأثلام أو بالرذاذ أو بالتنقيط بدلاً عن الري بالغمر تقلل مرتين أو أكثر كمية مياه الري اللازمة.

ويجب أن تقام أثلام الري في الحقول حسب الميل المثالي وليس بالإنحدار الأعظمي، وهذا يمنع إنجراف التربة والتجمع الزائد للمياه في نهاية الثلم. ومن الأمور المهمة استخدام طرائق متعددة في الري وذلك تمشياً مع طبيعة التضاريس ونوعية التربة والإحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية لإنتاج غلة عالية، ويمكن أن تعمل تحسين تقانة السقايات على تقليل تغذية الماء الأرضي بنسبة 15 ـ 25٪ من كمية العطاء المائي للحقول.

4 ـ ترشيد استعمال الماء شتاءً :

إن الريات والغسلات الإحتياطية الشتوية تجري في أحيان كثيرة بمقننات كبيرة للغاية دون أي مراقبة ودون حساب درجة ملوحة التربة، وتكرر على الأرض التي قد لا تحتاجها إطلاقاً. ومن الضروري أن تحدد الترب التي تحتاج إلى مثل تلك الريات أو الريات الغسلية الشتوية لضبط النظام الملحي.

5 ـ التخطيط الصحيح لزراعة الرز في المناطق المروية :

يستهلك الهكتار الواحد المزروع بالرز عشرات آلاف الأمتار المكعبة من ماء الري، وهذا يعمل على الارتفاع الشديد لمستوى الماء الأرضي في الأراضي المجاورة بمساحة 4 ـ 6 هكتارات المحيطة بحقل الرز.

ويجب تخصيص بقاع محددة لزراعة الرز منفصلة عن الأراضي المروية الأساسية وتتصف بجودة صرفها الطبيعي أو الصناعي للمياه الأرضية، أو لمياه الري الزائدة.

6 ـ تنظيم استخدام مياه الشرب :

إن غياب مياه الشرب وعدم تنظيم استخدامها في مناطق الزراعة المروية يؤدي غالباً إلى إنشاء أقنية خاصة لتأمين مياه الشرب والمياه المستخدمة في الأغراض الصناعية، أو نقل المياه عبر أقنية الري في الفترات التي لا يستخدم فيها الري، ويساعد هذا في حدود شبكة الري على زيادة ضياع المياه وتغذية الماء الأرضي. ويجب عدم استعمال أقنية الري لنقل مياه الشرب عند توقف الري. ويجب أن يستعاض عن ذلك بإنشاء شبكة من الآبار التي تؤمن مياه الشرب والمياه اللازمة للأغراض الصناعية. ويفضل إقامة مثل تلك الآبار قريباً من أقنية الري حيث تتوافر دائماً عدسات مياه راشحة عذبة.

7 ـ بناء المنشآت الدارئة لأخطار الفيضانات عن أراضي شبكة الري:

تتخذ هذه الإجراءات عادة في الواحات الواقعة في الدالات البحرية أو الجافة وكذلك في المصاطب النهرية السفلى.

8 ـ إعادة بناء العناصر غير الهندسية في شبكات الري القائمة والقديمة:

تنتشر كثير من شبكات الري القديمة في بلدان من آسية وشمال أفريقية حتى يومنا هذا دون أن يعاد تشييدها، ولا يحتوي كثير من الأقنية على منشآت تقنية مائية، وقد تكون طويلة للغاية ومتعرجة وتتميز بوجود عدد كبير من مآخذ الماء، ويجب إعادة ترميم وتشييد الشبكات القديمة بصورة دورية ومبرمجة وابدال العناصر **المنشأة غير الهندسية أو تقويتها (تثبيتها) وتحويل شبكة الري حسب مساحة** واحتياجات الزراعة المعاصرة.

9 ـ التسوية التدريجية لسطح الأراضي المروية :

تتميز الترب المتأثرة بالملوحة بعدم استواء سطحها وعدم كفاية قابلية تنفيذ الري بالأثلام بمقننات ري صغيرة التي تحتاج إلى تسوية السطح بدقة ± 5 سم مع المحافظة على الإنحدارات العامة.

10 ـ تلافي ضياع الماء في الرشح من شبكات الري :

على الرغم من أن سائر الوسائل المتخذة لتقليل ضياع المياه من شبكة الري تقلل بصورة ملموسة من تغذية المياه الأرضية، ولكنها لا تنفي ضياع الماء في الرشح خلال فترة عمل أقنية الري الترابية، ويبلغ هذا الضياع في أحسن الأحوال 25 ــ 30 ٪ من كمية الماء التي تمر من خلالها وعادة يبلغ 35 ــ 45 ٪. وإن هذا الضياع يؤثر سلباً في الأراضي ذات الصرف السيء. لذلك يجب أن يعمل وبقدر المستطاع على خفض ضياع المياه الراشحة من شبكات الري في تلك المواقع التي تتعرض للتغدّق والتملّح.

ثانياً ـ الإجراءات الهادفة إلى تقليل تبخر المياه الأرضية :

1 ـ زراعة الفصّة في الدورة الزراعية :

تظلّل الأعشاب المعمرة كالفصة سطح التربة فتضعف تسخينها وتجفيفها. ومن جهة أخرى فإن الإحتياجات المائية لتلك النباتات كبيرة وهذا يؤدي إلى نتح كبير يخفض مستوى المياه الأرضية بمقدار 50 ــ 100 سم مقارنة بحقول القطن أو الشوندر. كما تغني الأعشاب المعمرة التربة بالمواد العضوية الطازجة، وتمتد جذورها الكثيفة في التربة في سائر الإتجاهات فتحسن بنية التربة وقوامها (اندماجها)، وتعطي مقطع التربة وبخاصة أفق الحراثة وتحت الحراثة خصائص مائية وفيزيائية مرغوبة. كما إن شدة ارتفاع التيارات الشعرية الصاعدة من محاليل التربة

وفقدها بالتبخر من سطح التربة تضعف نتيجة لذلك. إن إدخال الأعشاب المعمرة وبخاصة البقوليات في الدورة الزراعية تغني التربة بالمواد المغذية وتعمل على تقوية نشاطها الحيوي ورفع خصوبة التربة.

وفي الزراعة المروية من الأهمية بمكان تغطية التربة بغطاء نباتي بعد الإنتهاء من المحاصيل الأساسية.

لهذا يجب تشجيع إدخال محاصيل كثيفة مكررة في الزراعة المروية تسمح بامتصاص الماء وتقليل تبخره من سطح التربة وانتاج أكثر من محصول في العام الواحد.

2 ـ المحافظة على بنية حبيّة فتاتية في التربة :

تتصف البنية الحبيّة الفتاتية الثابتة في الماء بإضعاف كل من حركة المحاليل بالخاصة الشعرية وفقدان الماء عن طريق التبخر. وتعد الدورة الزراعية الصحيحة والتي تحتوي على أعشاب معمرة واحدة من الوسائل لتحسين بنية الترب المروية. ومن التدابير المهمة في هذا المجال الإضافة الدوريّة للأسمدة العضوية الطازجة (الأسمدة الخضراء)، والحراثة العميقة، وعزق التربة في الوقت المناسب قبل وبعد الري في فترة النضج الفيزيائي للتربة (رطوبة الإستحراث)، والري المتقن بالأثلام العميقة دون ملئها كيلا تتفرّق التربة وتتكون القشور على سطحها أثناء جفافها.

3 ـ تحريج جوانب الأقنية وبمحاذاة الطرق وفي العِزَب أو المحطات :

تقلل الأحزمة الحراجية سرعة الرياح التي تعمل على تجفيف الترب من السطح، كما تقلل بصورة ملموسة جفاف الهواء مما يعمل على تقليل فقد رطوبة التربة بالتبخر. كما تصرف الأشجار الحراجية كمية كبيرة من المياه الأرضية عن طريق النتح. وفي المتوسط فإن هكتاراً واحداً من الأحراش الشجرية يمكن أن ينتح

في العام الواحد من 10-15 ألف م^3، مما يخفض مستوى الماء الأرضي بمقدار 70 - 100 سم. إن إقامة الأحزمة الغابيّة عملية جوهرية جداً من الناحية الإقتصادية، إذا أن الغابات الطبيعية لا يمكن أن تنمو في المناطق الجافة دون ري. ولتحريش أحزمة الحماية أو مصدات الرياح بمحاذاة الأقنية يمكن زراعة : الحور، الأكاسية، الدردار، التوت، الغلاديشيه، الزيزفون، وكذلك الأشجار المثمرة مثل التفاح، المشمش، الكرز، الأجاص، الجوز، النخيل، الموز، المانجو، وغيرها وهذا يتوقف على الظروف المناخية.

4 - استعمال المياه الأرضية في الري :

إن المياه الأرضية ذات التركيز 1 - 4 غ/ل وأقل هي متيسرة تماماً للنباتات الزراعية لهذا يجب استعمال المياه الأرضية في الري كلّما أمكن ذلك عوضاً عن مياه الري.

وعند إعداد نظم الري وتوزيعها الإقليمي يجب بخاصة تمييز المناطق والأراضي التي تحتوي على ماء أرضي عذب، وتخصيصها بكمية أقل من مقننات الري ومن عدد الريات، ويكتفى في بعض الأحوال برية واحدة أو اثنتين في العام، وقد لا تحتاج بعض الترب للري إطلاقاً كما هو الحال في أراضي أمودارى. وفي أحوال أخرى يمكن أن تستعمل المياه الأرضية العذبة في الري بطريقة اقتناص تلك المياه بمصارف ضحلة، وبخاصة في السهول السفحية وبعض الدالات الجافة. ويمكن أن تستعمل المياه الأرضية في الري من خلال ضخها من المصارف. إن مختلف طرائق استعمال المياه الأرضية في الري تخفض مستوى الماء الأرضي وتقلل التبخر من سطح التربة. إلا أن الماء الأرضي معتدل التركيز لا يمكن استعماله إلا في الري بوجود الصرف الجيّد.

5 ـ إضافة الأسمدة إلى الأراضي المزروعة :

تحتاج المحاصيل الزراعية النامية في الترب المالحة إلى المواد المغذية أكثر من حاجتها في الترب الزراعية غير المالحة. ويرجع ذلك إلى أن نقص عناصر التغذية المعدنية والتأثير السام للأملاح الزائدة في النباتات تساعد على سوء نموها وموتها وتعرّي سطح التربة منها.

وتتصف تلك القطع في الترب المروية الجرداء بشدة تبخر الماء الترابي الأرضي منها، ويمكن خلال عام واحد أن تتملّح وتتغطّى ببقع من السولونتشاك، ولذلك يجب تطبيق الإجراءات التقانية التي تنشّط نمو النباتات. تساعد الأسمدة في زيادة تنامي النباتات الزراعية، وتزيد من تحملها للملوحة وتعمل على نموها في الترب خفيفة الملوحة ومتوسطتها.

إن المحافظة على وضع جيد للمزروعات بمساعدة الأسمدة يمكن أن يؤدي إلى تنامي الغطاء الحيوي بدرجة شديدة على سطح التربة، كما أن تظليلها يضعف التبخر وعمليات التملّح. وعندما تكون درجة ملوحة التربة عالية فلا فائدة ترجى من استخدام الأسمدة، وأحياناً قد تزيد الوضع سوءاً.

ويجب زراعة أكثر النباتات تحملاً للملوحة في فترة الإستصلاح الإنتقالية للترب المالحة وهنا ينصح بزراعة الشوندر، الشعير، وبعض أصناف القطن، ويمكن رفع تحمل النباتات الزراعية بالإنتخاب المسبق للبذار الجيد وزيادة كمية البذار في وحدة المساحة، وتبليل أو نقع البذار بخلائط مناسبة من الأسمدة ورش النباتات بالأسمدة السائلة، وإجراء سائر الأعمال بدقة وفي المراحل كافة متضمنة التقيد بموعد الزراعة، والتفريد والتطمير (رداً، تثقيلاً) والإسلاس وغيرها.

إجراءات ضبط النظام الملحي للترب المروية :

أولاً ـ الخصائص الأساسية للنظام الملحي للترب المالحة والمروية :

النظام الملحي للتربة : يعبّر عن عمليات حركة وتجمُّع الأملاح سهلة الذوبان في مقطع التربة ومختلف آفاقها تحت تأثير تعاقب الظروف الجوية الفصلية والري. وتضم العوامل الطبيعية للنظام الملحي للترب المالحة، الهطولات الجوية الفصلية التي تشكل التيارات النازلة لرطوبة التربة، وكذلك تبخّر ونتح الماء الأرضي المشكل لتيارات المحاليل الصاعدة. وهناك أهمية إضافية في النظام الملحي لترب الوديان والدالات يمكن أن تظهر نتيجة الفيضانات، أو تيارات المياه السطحية من الجوانب كما هو ملاحظ في السهول (أسفل الجبال).

وفي المناطق القاحلة للمناخ المتوسطي الذي يتصف بأعلى هطل جوي خلال فترة الشتاء والربيع وبصيف جاف، فإن تحلية الترب تحدث خلال فترة الهطل، أما في الصيف والخريف فإن الأملاح تعود ثانية إلى الآفاق السطحية للترب. أما في المناخات الموسمية في آسيا حيث يكون الصيف ماطراً والشتاء جافاً فإن حركة الأملاح تكون مغايرة لما يحدث في المناخ المتوسطي.

وفي صحارى آسيا المركزية وفي غيرها من الصحارى النموذجية وبخاصة في تشيلي والبيرو، فعلى العكس من ذلك لا يلاحظ تملح أو تحلية فصلية في الدورة السنوية إذ لا توجد هطولات شتوية أو صيفية. وهنا تسيطر حركة واضحة دائمة لمحاليل التربة نحو السطح مع تجمع أعظمي للأملاح على سطح التربة.

أما في الترب المالحة المروية فإنه يضاف إلى العوامل الطبيعية للنظام الملحي تأثير الريات والغسلات والماء الزائد والماء الراشح من شبكة الري وكذلك نتح المحاصيل المزروعة وفلاحة الترب وتسميدها.

إن تحلية الترب الفصلية ترجع إلى التيارات النازلة لمحاليل التربة، عندما يتناقص بشدة التركيز الكلي للأملاح في منطقة انتشار المجموعة الجذرية وبخاصة في الأفق السطحي. أما تملح التربة الفصلي فيحدث في فصل السنة الجاف مع سيطرة التيارات الصاعدة لمحاليل التربة نتيجة للتبخر والنتح، وإن مجموع الأملاح وتركيز محاليل التربة في الطبقات السطحية يزداد بشدة نتيجة لعودة الأملاح المنتقلة في الفصل الرطب إلى الآفاق السفلية.

تغيّر الريات بصورة جذرية المسار الفصلي للنظام الملحي للترب. وتعمل كل رية على تحلية مستمرة لفترة معينة لآفاق الحراثة وطبقات انتشار المجموعة الجذرية، لا تلبث بعد تبخر مياه الري أن تصعد الأملاح من جديد إلى الأعلى. وتبعاً للظروف الطبيعية، وجفاف المناخ، عمق توضع الماء الأرضي وتركيزه، خصائص مياه الري وإتقان الري، نوعية حراثة التربة، الدورة السنوية للنظام الملحي، كل هذا يؤدي إلى نتائج نهائية مختلفة، فإذا كان مقدار التملح الفصلي مساوياً مقدار التحلية فإن محتوى الإملاح في التربة لن يزداد من سنة لأخرى، وهذا يدعى نمط النظام الملحي العكوس. أما إذا زاد مقدار التملح الفصلي على مقدار تحلية التربة فإن محتوى الأملاح سيزداد من سنة لأخرى، ويدعى هذا التملح غير العكوس. وإن زادت التحلية الفصلية على التملح فإن محتوى الأملاح في التربة سيتناقص من عام لآخر وتسمى هذه التحلية غير العكوسة.

وفي كل من الأحوال الثلاثة المذكورة يلاحظ تحلية فصلية يعقبها فترة تملح فصلي مترافق بازدياد كمية الأملاح في الآفاق السطحية، إلا أن النسبة ما بين التملح والتحلية متباينة.

ويمكن لتقويم نمط النظام الملحي استخدام ما يسمى معامل التراكم الفصلي، الذي يحسب من تقسيم دليل (مؤشر) محتوى الأملاح الذوابة الخريفية في طبقة

التربة المعنيَّة على مثلها في فصل الربيع. وهذا يمكّن من تقويم احتياطي الملوحة وتغيراتها خلال موسم النمو في طبقات التربة المختلفة.

لقد دلت كثير من الدراسات في آسيا الوسطى على أن الإحتياطي العام للأملاح في كامل مقطع التربة فوق مستوى الماء الأرضي يتغير ببطء نسبياً وبصورة رئيسة تحت تأثير الغسلات الشتوية وزراعة محصول الرز. أما محتوى الأملاح في منطقة انتشار الجذور وبخاصة في أفق الحراثة في الترب المالحة المروية فإنه يتغير بشدة من عام لآخر تبعاً لرطوبة الشتاء والربيع، كمية الريات واتقانها، فلاحة التربة ونوعية المحاصيل المزروعة. ونتيجة لعدم كفاية الري وندرة النباتات الزراعية وسوء فلاحة التربة فإن التملح الفصلي يمكن أن يوصل الملوحة في أفق الحراثة حدوداً عالية حتى عند عدم زيادة الإحتياطي الكلي للأملاح في كامل مقطع التربة فوق الماء الأرضي.

يلاحظ في آفاق الحراثة وانتشار الجذور تراكم ملحي فصلي شديد لأكثر الأملاح ذوباناً وخطورة فيزيولوجية مثل $MgSO_4$ ، $MgCl_2$ ، NaCl حيث يزداد محتواها في الخريف عدة مرات. وإن معامل التراكم الفصلي لـ NaCl يبلغ 30 ــ 40 في أفق الحراثة. أما الإحتياطي المطلق للأملاح سهلة الذوبان خلال فترة النمو النباتي فيزداد بمقدار 7 ـ 10 كغ/م^2 ويشكل هذا 70 ــ 100 طن من الأملاح في الهكتار الواحد. إن صعود الأملاح من الطبقات العميقة للتربة ومن الماء الأرضي خلال موسم النمو النباتي إلى الآفاق السطحية تسيء وتسمم المجموعة الجذرية للنباتات وبالتالي تنخفض الإنتاجية، ولا تخفض الملوحة المتجمعة في أفق الحراثة خلال فترة الجفاف محصول السنة الحالية فحسب وإنما تتعدى ذلك إلى محاصيل السنة القادمة.

وعندما لا تكون الإجراءات الملائمة لخفض الملوحة كافية خلال موسم النمو النباتي فإنه يُلجأ إلى إجراء الريات أو الغسلات في أواخر الخريف أو الشتاء أو

المحافظة على التوازن الملحي والإحتياجات الغسلية في ظروف الصرف الجيد :

إن قواعد المحافظة على توازن ملحي مثالي، وحساب الإحتياجات الغسلية للترب، في ظروف حركة الماء الثابتة أو عند التوازن لفترة طويلة بين كميات مياه الري والصرف ـ تعد الأساس لمناقشه مسألة التحكم في عمليات تملّح الترب. لقد استخدم مصطلح «التوازن الملحي» لأول مرة من قبل سكوفيلد Scofield عام 1940 مبيناً العلاقة بين كمية الأملاح المغسولة أو المتجمعة في منطقة معينة المساحة خلال فترة محددة من الزمن، مقدرة بالطن/سنة. وفي الظروف التي يمكن فيها إجراء قياس دقيق نسبياً لكمية الأملاح المضافة إلى الأرض مع مياه الري أو كمية الأملاح المطروحة مع مياه الصرف، فإن مقدار التوازن الملحي يمكن أن يكون مؤشراً لاتجاه تغيّر تملّح الترب في منطقة معينة من سنة لأخرى.

لتحديد التوازن الملحي لمنطقة ما ولطبقة انتشار المجموعة الجذرية للمزرعات يمكن استخدام المعادلة التالية :

$$V_i C_i + S_m = V_d C_d + S_p + S_o \qquad (1)$$

حيث :

V_i - حجم ماء الري للمساحة المدروسة.

C_i - تركيز الأملاح في ماء الري.

V_d - حجم ماء الصرف للمساحة المدروسة.

C_d - تركيز الأملاح في ماء الصرف.

S_m - كمية الأملاح الموجودة في التربة الذائبة في ماء الري.

S_p - كمية الأملاح المترسبة في التربة من ماء الري.

S_o - كمية الأملاح الممتصة من النبات.

وباستثناء الحالات التي يكون فيها مقدار C_i منخفضاً فإن S_m , S_p و S_e تكون عادة غير كبيرة مقارنة بمقداري الأملاح ($V_i C_i$, $V_d C_d$). ويمكن اغفالها لتصبح المعادلة (1) بالصورة التالية :

$$\frac{V_d}{V_i} = \frac{C_i}{C_d} \qquad (2)$$

ويمكن كتابة المعادلة هذه بالشكل التالي :

$$\frac{D_d}{D_i} = \frac{C_i}{C_d} \qquad (3)$$

حيث: D_d و D_i - حجوم ماء الصرف وماء الري في وحدة المساحة أو عمق كلٍ منهما.

احتياجات الغسل Leaching Requirments (LR) :

يزداد مع الوقت تركيز الأملاح في محلول التربة مقارنة بتركيزها في مياه الري، نتيجة لفقد جزء من الماء بالنتح والتبخر، وللحفاظ على تركيز معين من الأملاح في محلول التربة لا بد من غسل الأملاح المتراكمة، ويتم تعيين مقدار المياه اللازمة للغسل من خلال ما يعرف «باحتياج الغسل» وهو ذلك الجزء من مياه الري الذي يجب أن يرشح خلال منطقة الجذور للحفاظ على مستوى معين من ملوحة التربة. وتتوقف كمية الماء هذه على تركيز الأملاح في مياه الري وعلى أعلى تركيز للأملاح المسموح ببقائه في محلول التربة.

يقاس أعلى تركيز للأملاج مسموح به وذلك في أسفل منطقة الجذور وهو يساوي هنا تركيز الأملاح في مياه الصرف عند الإضافة المتجانسة لمياه الري والمناسبة. ويمكن تحديد احتياج الغسل من المعادلة رقم (3) لتصبح كما يلي :

$$LR = \frac{D_d}{D_i} = \frac{C_i}{C_d} \qquad (4)$$

وعلى هذا الشكل فإن احتياج الغسل يمكن تحديده من معرفة تركيز مياه الري والتركيز المسموح به في مياه الصرف، وإذا أضيف ماء الهطل Dr إلى ماء الري فيجب تصحيح تركيز ماء الري حسب المعادلة التالية :

$$C_i\,(adj) = \frac{D_i \cdot C_i}{D_i + D_r} \qquad (5)$$

ويتوقف التركيز المسموح فيه في مياه الصرف على نوعية المزروعات وتحملها للملوحة. وتتعلق سماكة طبقة الماء D_i التي تروى بها تربة ما مع ضياعها في التبخر والنتح D_e من جهة ومع مياه الصرف D_d من جهة أخرى، وتتحدد حسب المعادلة التالية :

$$D_i = D_e + D_d \qquad (6)$$

ويُعبَّر في المدرسة الأمريكية عن تركيز الأملاح في المحاليل من خلال قياس موصليتها الكهربائية (EC) ويجب ألا تزيد الموصلية الكهربائية لمحلول التربة على 4 مليموز/سم للمزروعات اخساسة للمحلول مثل الفاصولياء والبرسيم وعلى 8 مليموز/سم للمزروعات نصف المتحملة للملوحة مثل الشوندر السكري والقطن والفصة، وعلى 12 مليموزاً/سم للمزروعات المتحملة للملوحة مثل الشعير.

عند تعويض المعادلة (3) في المعادلة (6) نحصل على معادلة جديدة، يجب أن يكون معروفاً فيها مقادير كل من طبقة الماء الضائع في التبخر والنتح وتركيز ماء الري وماء الصرف، وذلك لحساب طبقة الماء الضرورية للري متضمنة احتياجات الغسل (LR) والتبخر والنتح.

$$D_i = \frac{D_e}{\left(1 - \frac{C_i}{C_d}\right)} \qquad (7)$$

عند استخدام المعادلة (7) لحساب مقنن الري مع حساب الماء اللازم لغسل الأملاح وكذلك للتبخر والنتح، فيفترض أن يكون رشح الماء واحداً في المواقع كافة، غير أن عدم انتظام توزع المياه على سطح التربة واختلاف نفاذية الماء في التربة من موقع لآخر، يتطلب أن يضاف لكمية الماء المحسوبة على اساس المعادلة السابقة مقدار آخر لضمان غسل الترب في سائر مواقع الإستصلاح في المشروع.

استصلاح الترب المالحة بوساطة الغسل :

الغسل والصرف - اجراءات واسعة الاستخدام في الاستصلاح العملي والجذري للأراضي المالحة. ولقد تجمع كثير من التجارب العالمية في هذا المجال. وإلى جانب هذا كان هنالك كثير من الفشل الناجم بصورة رئيسة عن اسباب تقنية مختلفة تتعلق بضعف دراسة الاجراءات ونقص الخبرة.

إن استصلاح السولونتشاك بهدف استعمالها الفعّال والدائم. يستند إلى ضرورة اتخاذ الاجراءات المرتكزة على نتائج كثير من التجارب والخبرات وتتلخص بما يلي:

آ - خفض مستوى المياه الأرضية إلى أسفل العمق الحرج (2,5 - 3,0 م) وصرفها مع الأملاح التي تحويها بشبكة من المصارف الملائمة.

ب - إبعاد الأملاح الذوابة الزائدة من التربة بوساطة الغسل والري والصرف حتى يصل تركيزها 0,3 - 0,4٪ في التربة، ومن الطبقات السطحية للمياه الأرضية ليصل تركيزها 2 - 3 غ/ل.

جـ - تلافي إمكان التراكم الثانوي للأملاح الضارة في افق انتشار الجذور في التربة باستخدام الريات وإن لزم والغسل مع الصرف.

ويُعدّ الصرف جزءاً لا يتجزأ من شبكة الري المنشأة في الأراضي المالحة. ولذلك إذا أريد غسل التربة لعمق 1,5 م من الأملاح الزائدة فإن شبكة الري

والصرف يقامان معاً في الولايات المتحدة. وفي الحالات التي لا يمكن الحفاظ فيها على مستوى الماء الأرضي بعمق 1,5 م، فتتخذ اجراءات خاصة لمنع وصول مستوى الماء الأرضي لمنطقة انتشار المجموعة الجذرية، وفي كل الأحوال يجب ألا يرتفع مستوى الماء الأرضي على 90 سم من سطح التربة.

أزمان وتقانات تنفيذ غسل السولونتشاك :

إن أفضل وقت لتنفيذ غسل السولونتشاك ولاستصلاحها واستزراعها في ظروف آسيا الوسطى هو أواخر الخريف أو خلال الشتاء، عندما تكون رطوبة التربة منخفضة وحيث يتوضع الماء الأرضي عميقاً. وهذا يساعد على غسل جيد للأملاح من التربة. أما الغسل أثناء الصيف فهو أقل فعالية لأن قسماً كبيراً من ماء الغسل سيضيع في التبخر كما تزداد امكانات التملح الثانوي للترب. ويمكن اجراء الغسل أثناء الصيف إذا احتوت الترب الطينية نسبة عالية من كربونات وسلفات الصوديوم أو إذا ترافق الغسل مع زراعة الرز. كما أن الغسل أثناء الربيع قليل الفعالية بسبب خطورة تجدد الملوحة.

تُحضّر الأراضي للغسل وذلك بتنظيفها من الأعشاب والأبجم الملحية التي تغطي غالباً سطح التربة، ثم يسوى سطح الحقل بحيث لا تختلف مناسيب التضاريس عن ± 5 سم، بعدها تجرى حراثة لعمق 25 - 30 سم ويفضل استخدام حراثة النقب لتفكيك الطبقات العميقة تحت أفق الحراثة. ثم يسوى سطح التربة ثانية. بعدها تُقسم الحقول استناداً إلى التضاريس إلى رقع غسلية تتراوح مساحة كلٍّ منها 0,3 - 1 هكتاراً، مفصولة عن بعضها بوساطة بتون ترابية. وعند الغطاء الأرضي المعقد (التضاريس الوسطية) ونفاذية الماء العالية تقلل مساحة الرقعة الواحدة، وعند الغسل يملأ الحقل بالماء بسرعة ويتوزع عليها بمساعدة نظام من أقنية الري الضحلة أو أنابيب الماء، بحيث يمكن ضبط كمية الماء فيها.

وفي الحقول التي تحتوي على شبكة صرف فيجب أن يبدأ الغسل بالرقع الواقعة في الجزء الأوسط لما بين المصارف؛ إذ يفضل هنا استخدام مقنن أكبر من مياه الغسل وذلك لأن الأملاح الموجودة في الرقع المركزية للحقول تُغسل بصورة أسوأ من الرقع المجاورة للمصارف، ويفسر ذلك بأن المياه الأرضية في الجزء الأوسط من المسافة بين المصارف تكون أعلى بتوضعها ولذلك تتباطأ حركتها (دورتها).

يجب أن يُبدأ أولاً بغسل المناطق المنخفضة ثم ينتقل تدريجياً إلى غسل المناطق التضريسية الأكثر ارتفاعاً. ولا يُعطى مقنن الغسل بكامله مرة واحدة وإنما يعطى على دفعات كمية كل منها نحو 1500 - 2000 م^3/هـ. وفي البداية يجب أن تعطى كمية كافية لايصال رطوبة التربة حتى السعة الحقلية، وهذه تساوي نحو 800 – 1000 م^3/هـ لطبقة التربة لعمق متر واحد. وتتوزع هذه الكمية وتتسرب داخل التربة دون حدوث تيارات مائية نازلة محسوسة، وتنحل تدريجياً الأملاح الموجودة في التربة، وحتى عند وجود درجات ملوحة عالية (500 - 700 طن/هكتار في المتر السطحي من التربة) فإن مخزون الماء في التربة عند السعة الحقلية يكون كافياً لإذابة الأملاح بصورة كاملة. وبعد ذلك بيومين إلى ثلاثة ولطرد المحاليل الملحية المتكونة يتم غسل التربة بكميات من المياه تتراوح بين 1500 – 2000 م^3/هـ. ويتم اضافة كل كمية من الماء بعد نفاذ الماء المضاف سابقاً. ويجب أن يترافق الغسل مع مراقبة مستمرة للأملاح المغسولة، وتتم تلك المراقبة من خلال تعيين محتوى الكلور أو الموصلية الكهربائية لمياه الرشح أو الصرف.

وعند رشح مياه الغسل يحصل نقل تدريجي للأملاح الذوابة، إذ تُغسل أولاً كلوريدات الصوديوم والمغنزيوم وسلفات المغنزيوم، أما سلفات الصوديوم فتغسل بدرجة أبطأ وبخاصة في الجو البارد، أما الجبس فلا يُغسل تقريباً مع مياه الغسل.

بعد استصلاح السولونتشاك بالغسل يجب الاهتمام باستزراع التربة باستعمال الدورة الزراعية السلمية التي تبدأ بزراعة الفصة. غير أن بعض المختصين يعتقدون –

أنه في وجود الصرف غير الكافي وخطورة تكوين الملوحة الثانوية بعد الغسل – أنه من الأفضل أن يجرى الغسل مع زراعة القطن أو الشوندر، إذ تساعد الفلاحة المكثفة للشرائح بين الخطوط وري المحاصيل المذكورة على تعزيز فعالية الغسل، وفي السنة التالية بعد الرية الشتوية الوقائية تدخل الأعشاب المعمرة (الفصّة) في الدورة الزراعية.

ويصعب في مقننات الغسل التي تزيد على 5000 - 7000 م^3/هـ انتهاء الغسل خلال موسم خريف - شتاء واحد. وفي مثل هذه الحالة يتم الغسل خلال فصلين أي عامين. وبعد الغسلة الأولى تزرع الحقول بمحاصيل انتقالية (مثل الحبوب، البقوليات، الشوندر) وبعد الحصاد أو الجني يجري في الخريف الغسل الثاني لاتمام تحلية التربة. وبعدها تطبق الدورة الزراعية العادية التي يجب أن تبدأ بالأعشاب المعمرة.

تعيين مقنن الغسل :

يسود المدخل التجريبي لتحديد مقنن غسل الترب المالحة على غيره حتى وقتنا الراهن. إذ تعطي التجارب الحقلية أكثر النتائج وثوقاً للتطبيق العملي للغسل. إضافة إلى ذلك فقد تجمعت تدريجياً أسس نظرية لحساب مقنن الغسل بدءاً من روزوف مروراً بفولوبويف وكوستياكوف وكوفدا وغيرهم، ولقد وضع روزوف أولى المعادلات لحساب مقنن الغسل تجريبياً عام 1936 :

$$M = P - m + nP$$

حيث : M - مقنن الماء م^3/هـ أو مقنن الغسل.

P - السعة الحقلية م^3/هـ .

m - مخزون الماء في التربة قبل الغسل م^3/هـ.

n - معامل الغسل.

يتراوح معامل الغسل بين 0,5 ـ 2 تبعاً لدرجة الملوحة، التركيب الميكانيكي، عمق الماء الأرضي وتركيزه.

فمع ازدياد ملوحة التربة، وثقل تركيبها الميكانيكي وقرب الماء الأرضي من سطح التربة وارتفاع تركيزه، يكون معامل الغسل n أكبر. ويقترح فولوبويف حساب مقنن الغسل استناداً إلى المعادلة التالية :

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

حيث : Q – مقنن الغسل.

Q_1 ـ كمية الماء اللازم لاشباع التربة حتى السعة الحقلية أو $Q_1 = M - m$.

حيث : M ـ السعة الحقلية و m ـ مخزون الماء في التربة قبل الغسل.

Q_2 ـ كمية الماء اللازم لرفع رطوبة التربة من السعة الحقلية إلى السعة الكلية أو القصوى، أي أن: $Q_2 = P - M$ إذ أن : P ـ السعة الكلية للماء في التربة.

Q_3 ـ كمية الماء الراشحة خلال التربة بعد تشبعها الكامل بالماء، ويعبّر عنها كنسبة أو أمثال من السعة الكلية للماء P مع المعامل n الذي يرتبط مقداره بدرجة الملوحة والخصائص الفيزيائية المائية للتربة أي أن : $Q_3 = nP$.

واستناداً إلى معطيات درجنه Dregne فإن تحديد كمية ماء الغسل يتعلق في نهاية المطاف بتحاليل الترب أو مياه الصرف. ويمكن تعيين كميات المياه اللازمة لغسل الترب بطريقة الغمر من دليل مخبر الترب المالحة في الولايات المتحدة. فلكي تغسل نصف كمية الأملاح الموجودة في طبقة من التربة عمقها 10 سم يكفي أن تغمر التربة بطبقة 5 سم من الماء خفيف التمعدن (التركيز). وإذا ما انتشرت المجموعة الجذرية لعمق 200 سم فيجب غمر التربة بطبقة 100 سم من الماء. ولغسل 80 ٪ من الأملاح من التربة فيلزم لكل 10 سم من التربة 10 سم من الماء. وإذا ما أريد غسل 90 ٪ من الأملاح، فتضاعف كمية الماء لتصل إلى 20 سم لكل 10 سم

من التربة. فإذا بلغت الموصلية الكهربائية لمستخلص عجينة التربة المشبعة 8 مليموز/سم حتى عمق 200 سم فإن غسل هذه الطبقة بـ 100 سم من الماء يجب أن يخفض الموصلية الكهربائية لتصل إلى 4 مليموز/سم. وفي التطبيق العملي فإن كمية الماء اللازمة تتعلق بنوعية الماء وبخصائص التربة. ولتحديد مدى فعالية الغسل يجب أخذ عينات من التربة لتحليلها. وإن غمر التربة المستمر عند الغسل هو أقل فعالية من الغسل المتقطع، الذي يساعد على انتشار الأملاح من المسام الدقيقة بين فترات الغسل ويسهل التخلص منها في الغسلات اللاحقة. وعند غسل الترب المقلونة ثقيلة النسيج يجب تناوب فترات ترطيب وتجفيف، فأثناء الجفاف تتشقق التربة مما يحسّن نفاذية الماء فيها.

عند حساب مقننات غسل السولونتشاك من الضروري النظر إلى رطوبة التربة في الربيع مع بداية الأعمال الزراعية. وتتعلق رطوبة التربة بعمق الماء الأرضي. فإذا كان عمق الماء الأرضي في آذار - نيسان أقل من 1,3 - 1,8 م فإن الرطوبة ستكون عالية لدرجة تمنع من تنفيذ الأعمال الزراعية الحقلية. ومن جهة أخرى فإن الإنتظار حتى تجف سيعمل على ضياع المياه بالتبخر وبالتالي تجدد الأملاح مما يقلل من فعالية الغسل. ولهذا يجب أن تختار ظروف الغسل بحيث يكون صعود الماء الأرضي غير كبير كيلا يغمر التربة فيبطئ انخفاض مستوى الماء الأرضي.

واعتماداً على نتائج كثير من التجارب المخبرية يتبيّن أن فعالية الغسل، مقدرة بكمية الأملاح المغسولة بوحدة حجم الماء من وحدة حجم التربة، تزداد مع ارتفاع درجة الملوحة.

وحسب رأي موروزوف ومن بعد فولوبويف فإن ارتباط مقنن الغسل بملوحة التربة ليس «خطياً» مستقيماً وإنما بصورة قطع مكافئ (منحنٍ)، حسب المعادلة :

$$N = K \lg \left(\frac{S_1}{S_0}\right)^{\alpha}$$

حيث : N ـ مقنن الغسل م^3/هـ أو مم طبقة مائية.

K ـ معامل التناسب، فعند الحساب بـ م^3/هـ فهو يساوي 10000.

S_i ـ ملوحة التربة كنسبة مئوية أو طن/هـ .

S_o ـ ملوحة التربة المسموح ببقائها كنسبة مئوية أو طن/هـ .

α ـ مَعْلَم (بارامتر) الإنحلال الملحي من التربة (كمية متغيّرة القيمة).

يرتبط المعلم α بدرجة ملوحة التربة ونوعية الملوحة، فعند الملوحة الكلوريدية في الترب شبه الطينية المتوسطة فهو يتراوح بين 0,90 ــ 0,95 ، وعند الملوحة السلفاتية الكلوريدية يبلغ نحو 1,0، وعند الملوحة السلفاتية الصوديومية 1,1 ــ 1,2، ويبلغ نحو 1,5 في الملوحة السلفاتية الصوديومية الكلسية. وهذا ما يوضحه الجدول (7 – 3).

ويجب الأخذ بالحسبان أن لتجارب الغسل مخبرياً على مسلّات ترابية Monoliths موضوعة في الأسطوانات تلغي مشاركة الماء الأرضي المالح في عملية الغسل. ومن المعروف أن المياه الأرضية الكلوريدية المتوضعة قريبة من السطح وذات التركيز العالي الذي يزيد على 25 ـ 30 غ/ل ستشكل ملوحة كلوريدية في التربة. وفي التطبيق العملي فإن وجود مياه عالية التركيز قريبة من سطح التربة يخفض بشدة فعالية الغسل مما يستوجب زيادة حجم الماء مرتين أو ثلاث مرات مقارنة بالطريقة الحسابية، ومن معطيات كوفدا Kovda يحسب مقنن الغسل وفق المعادلة التالية :

$$y = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot 400\, x \pm 100$$

حيث : y ـ طبقة ماء الغسل (مم).

n_1 ـ معامل مرتبط بالتركيب الميكانيكي للتربة، (وهو يساوي 0,5 في الرمل، و 1,0 في شبه الطين، و 2,0 في الطين).

n_2 ـ معامل مرتبط بعمق توضع المـاء الأرضي (فعند عمق 7 ــ 10 متر فإن $n_2 = 1$ ؛ وعند عمق 5 أمتار فإن $n_2 = 1,5$ ، ويبلغ 3 عند عمق 1,5 ـ 2 متراً).

n_3 ـ معامل مرتبط مع تمعدن الماء الأرضي (عند التمعدن أو التركيز المتوسط أو القليل للماء الأرضي فإن $n_3 = 1$ ؛ وتبلغ 2 عند المـاء شديد التمعدن، و 3 عند المحاليل الملحية (الأحاج).

x ـ متوسط محتوى الأملاح في طبقة التربة من 0 ـ 2 متراً كنسبة مئوية من وزن التربة. ويمكن إضافة معامل آخر n_4 مرتبط بضغط الماء الأرضي ويبلغ نحو (1,5).

فلو فرضنا أن ملوحة التربة هي 2 ٪ والتربة شبه طينية، وعمق الماء الأرضي 8 أمتار وهو متوسط المعدنة، فإن المعادلة ستحل بالصورة التالية :

$$y = 1 \times 1 \times 400 \times 2 \pm 100 = 800 \pm 100 = 900 - 700 \text{ مم}$$

وهذا يساوي 7000 ـ 9000 م^3/هـ ، إذ أن كل 1 مم طبقة مائية يساوي 10 م^3/هـ .

وإذا ارتفع تركيز الأملاح إلى 50 غ/ل وتوضع المـاء الأرضي على عمق 4 أمتار، فإن مقنن الغسـل سيبلغ نحو 35000 ــ 37000 م^3/هـ . وتُعطى مثل هذه الكمية على دفعات مقدار كل منها 200 ـ 250 مم أو 2000 ـ 2500 م^3/هـ .

وفي الحالات التي يزيد فيها مقنن الغسل على 15000 م^3/هـ فيجب أن يترافق ذلك مع زراعة الرز حيث يعطى 30000 ـ 35000 م^3/هـ بوجود الصرف، مما يزيد من فعالية وسرعة تحلية التربة، وتلعب درجة الصرف دوراً مهماً للغاية في هذه الحالات.

غسل الترب دون صرف :

يمكن أن يعطي غسل الترب دون صرف نتائج مرضية عند توضع المـاء الأرضي (الجوفي) على عمق كبير عند استعمال مقننات غسل منخفضة. لذلك لا

الفصل الثامن

نوعية مياه الري وملوحة الترب

احتلت العلاقة المتبادلة بين نوعية مياه الري وملوحة الترب أهمية بارزة منذ القدم وبخاصة عند دراسة ما يدعى بالملوحة الثانوية للترب المروية، وهي الملوحة الناتجة عن النشاط البشري. وتعد ظاهرة التملح الثانوي قديمة قدم الزراعة المروية في المناطق القاحلة وشبه القاحلة. واستناداً إلى دراسات منظمة الأغذية والزراعة FAO فإن أكثر من 50 ٪ من الأراضي المروية على سطح كوكبنا معرضة للتملح الثانوي أو للقلونة أو للتغدق أو لجميعها. وللحد من الأخطار الجسيمة الناتجة عن تلك العلميات لا بد من الإحاطة بمعرفة خصائصها كافة وأسباب تشكلها ومنع ظهورها وتقليل تأثيراتها الضارة قدر الإمكان. وتلعب نوعية المياه دوراً كبيراً في تشكل الملوحة أو القلوية في الترب. ولا يمكن الحكم على صلاحية المياه للزراعة بصورة مطلقة، إذ أن هذه الصلاحية ترتبط بنوعية التربة وخصائصها وبالنباتات التي ستزرع فيها، فالماء قد يكون صالحاً لري تربة معينة وغير صالح، لا بل ضاراً إذا استخدم لري تربة أخرى. لذلك يجب أن تترافق دراسة مياه الري مع دراسة الترب التي ستروى وهذا الأمر في غاية الأهمية.

أشكال المياه :

تبلغ كمية المياه الكلية في الكرة الأرضية $1,4 \times 10^9$ كم^3 موزعة على الأشكال التالية كنسبة متوية :

1 ـ مياه البحر المالحة ٪. 97,0

2 ـ جليد في القطبين ٪. 2,15

3 ـ مياه القارات ٪. 0,65

يبلغ مخزون المياه في القارات $9,1 \times 10^6$ كم3 موزعة كما يلي :

1 ـ مياه جوفية وأرضية وتربّية وتبلغ $3,5 \times 10^6$ كم^3.

2 ـ مياه البحيرات وتبلغ $4,9 \times 10^6$ كم^3.

3 ـ مياه الأنهار وتبلغ $1,4 \times 10^5$ كم^3.

4 ـ مياه الغلاف الجوي وتبلغ $5,6 \times 10^5$ كم^3.

وبغض النظر عن مصادر المياه القارّية فإنها تحتوي على قدر ما من الأملاح الذوابة، وتختلف نوعية الأملاح وكميتها مع اختلاف مصادر تلك المياه ومجاريها. ونظراً لسياد المركبات غير العضوية في ملوحة المياه، لذلك ينظر إلى المياه الطبيعية للأرض كمحاليل كهرليتية لمزيج من الأملاح.

تسيطر في المياه الطبيعية عادة الشوارد التالية :

K^+، Na^+، Mg^{2+}، Ca^{2+}، Al^{3+}، Fe^{3+} من الكاتيونات،و Cl^-، SO_4^{2-}، HCO_3^-، CO_3^{2-}، SiO_3^{2-} من الأنيونات.

ويمكن أن تحتوي المياه على البورون والفلور وبعض المعادن الثقيلة بتراكيز منخفضة أو آثار. ومن ضمن مياه القارات تأتي مياه الأمطار لتحتوي على أقل تركيز من الأملاح، رغم أن هذا التركيز يتغير بشكل واسع وذلك حسب بعده عن البحر ونوعية التيارات الريحية.

يرتبط المحتوى الملحي للمياه السطحية والجوفية بنوعية الصخور المسيطرة في منابع المياه وكذلك بالصخور والترب التي تجري خلالها تلك المياه، كما يلعب المناخ وتلوث البيئة من النشاط البشري دوراً في ذلك. ويمكن تقسيم المياه السطحية إلى مجموعتين :

آ ـ مياه جارية وتشمل مياه الأنهار.

ب ـ مياه راكدة تتضمن البحيرات.

ويكون تركيز الأملاح في المياه الجارية عادة أقل من تركيزها في المياه الراكدة تحت ظروف واحدة. ويتراوح معدل تركيز الأملاح في مياه الأنهار بين 60 ــ 180 جزء بالمليون، ويرتبط ذلك مع متوسط المكونات الكيميائية في مياه أنهار العالم، وتسيطر عادة شوارد الكالسيوم والبيكربونات، بينما تكون كمية أملاح الصوديوم منخفضة نسبياً إذ تتراوح بين 10 ـ 34 ٪ من مجموع الأملاح. جدول (8 – 1) يبيّن متوسط تركيب مياه الأنهار في العالم. بينما يبيّن الجدول (8 – 2) متوسط تركيب مياه بعض الأنهار في العالم العربي. أما الجدولان (8 – 3 و 8 – 4) فيوضحان تغيرات ملوحة مياه نهر الفرات وتركيبها الكيميائي.

إن تركيز الأملاح وتركيبها الكيميائي في المياه تختلف في
فصل لآخر مرتبطة مع تغير المناخ وما يرافق ذلك من هطول وتبخر، ويختلف
الاختلافات أكثر حدة ما بين إقليم وآخر، وهذا ما يبينه الجدول (8 - 1):

فإذا نظرنا إلى تمعدن مياه الأنهار في أوراسيا، لاتضح أن ذلك التمعدن
التركيز يتراوح بين 0,1 - 0,2 غ/ل في أعالي الغابات ويزداد ليصل حتى 20 -
غ/ل في الصحراء وذلك مع ازدياد الجفاف وارتفاع معدل حرارة المنطقة،
أما تمعدن المياه الراكدة في البحيرات فهو أعلى منه في مياه أنهار المنطقة ذاتها
ففي المناطق الصحراوية ونصف الصحراوية يصل تركيز الأملاح في مياه بحيراتها
300 - 400 غ/ل، ويتغير تركيب الأملاح في المياه مع ازدياد تركيزها، فعندما يكون
التركيز منخفضاً تكون الملوحة كربوناتية بيكربوناتية، ومع ازدياد التركيز تتحول
نوعية الملوحة إلى كربوناتية - سلفاتية ثم سلفاتية كلوريدية وكلوريدية سلفاتية،
يعتمد تركيز الأملاح وتركيبها في المياه الأرضية أو الجوفية بالخصائص
الليثوكيميائية لمصادر المياه والمواد الصخرية التي تجري تحتها تلك المياه، كما يتأثر
ذلك بعمق توضعها ونوعية الماء السائد في المنطقة، فيتبعها تحافظ المياه الجوفية
العميقة على تركيز ثابت تتعرض المياه الجوفية السطحية لتغيرات فصلية في تركيزها
متأثرة بالهطول والتبخر والنتح والصرف والري وغيرها.

تقويم نوعية المياه للري

1 ـ مفهوم نوعية المياه :

يحمل مفهوم النوعية معانٍ متباينة لمختلف الأشخاص. ويصعب تقويم نوعية المياه إذا لم ترتبط باستخدام محدد. إذ تتعلق نوعية المياه للاستعمالات المنزلية بالطعم والقساوة وامكان تأثيرها في الصحة والغذاء والشراب، وفي الاستخدامات الصناعية ينظر إلى خصائص أخرى للمياه وتأثيرها المؤكسد أو الذي يؤدي لتكوين الصدأ، أو صلاحيتها للتسخين الصناعي أو غيرها من العوامل. أما في الري فإن نوعية المياه ترتبط بتأثيراتها في الترب والمحاصيل وفي الإدارة التي يمكن أن تكون ضرورية للسيطرة أو لتلافي المشكلات التي يمكن أن تظهر في نوعية المياه.

2 ـ تأثير مياه الري في الزراعة :

إن مياه الينابيع أو الآبار أو الأنهار أو حتى مياه الأمطار لا تكون نقية وإنما تحوي كميات محددة من الأملاح الذائبة. تختلف نسبة تلك الأملاح كثيراً من موقع لآخر، إذا تجاوزت نسبة الأملاح في المياه حداً معيناً فإنها ستؤثر في نمو النباتات وانتاجيتها، وهناك تناسب عكسي بين ازدياد الملوحة وانتاجية المحاصيل الزراعية، كما يمكن أن تتراكم الأملاح في التربة لتحد من انتاجيتها. ويمكن اختيار نوعية الزراعة بحيث تخفف من آثار الملوحة الزائدة وذلك نظراً لتباين المزروعات في تحملها للملوحة.

تتأثر المحاصيل والترب بأنواع الأملاح الذوابة بطرائق مختلفة ولتحديد نوعية المياه لا بد من اجراء عدة تحاليل بغية تحديد هوية الأملاح التي توجد فيها، وبعد ذلك يتم تقويمها من خلال تأثيرها في الترب والمحاصيل الزراعية.

3 ـ تحاليل المياه :

بغية تقويم نوعية المياه وصلاحيتها للري يجب أن تتضمن التحاليل المخبرية تحديد ما يلي :

1 ـ التوصيل الكهربائي Electrical conductivity (EC) ، وهو يعبّر عن تركيز الأملاح، من خلال عملية حسابية.

2 ـ تحديد تركيز الأملاح الذوابة الكلية أو وزن الجوامد الذوابة الكلية TDS بعد تجفيف حجم معين من المياه على درجة 105°م.

3 ـ تحليل كيميائي لتحديد كلٍ من الصوديوم والكالسيوم والمغنزيوم والكربونات والبيكربونات والكلوريد والسلفات.

ويبيّن الجدول (8 – 5) تصنيف المياه حسب تركيبها الأنيوني. كما يبيّن الشكلان (8 – 1 و 8 – 2) نوعية المياه حسب تركيبها الكاتيوني ونسبة الصوديوم أولاً ثم حسب تركيز الأملاح ونسبة امتزاز الصوديوم من جهة ونسبة القلوية من جهة أخرى ثانياً.

جدول (8 – 5) تصنيف المياه حسب تركيبها الأنيوني

The chemistry of water	$[CO_3^{2-}]+[HCO_3^-]$ / Σ anion	$[SO_4^{2-}]$ / Σ anion	$[Cl^-]$ / Σ anion
hydrocabonatic	0,5 —1	< 0,25	<0,25
hydrocarbonatic-sulphatic	0,5 —1	0,25—0,5	<0,25
sulphatic-hydrocarbonatic	0,25—0,5	0,5 —1	<0,25
sulphatic	<0,25	0,5 —1	<0,25
hydrocarbonatic chloridic	0,5 —1	0,25	0,25—0,50
hydrocarbonatic	0,25—0,5	<0,25	0,50—1,00
sulphatic-chloridic	0,25	<0,5 —1	0,25—0,5
chloridic-sulphatic	<0,25	0,25—0,5	0,5 —1,00
chloridic	<0,25	0,25	0,5 —1,00
hydrocarbonatic-chloridic suphatic	0,25—0,5	>0,25	0,25—0,5

4 ـ اجراء تحاليل اضافية لتحديد تركيز البورون والنترات.

5 ـ تحديد pH المياه.

6 ـ يتمُّ أحياناً تحديد بعض الشوارد في الماء مثل الليثيوم، البوتاسيوم، الحديد، الأمونيوم أو غيرها من الشوارد وبخاصة المعادن الثقيلة مثل الزئبق، الكادميوم، الرصاص، الكروم، النحاس، المنغنيز والزنك.

4 ـ تقويم نتائج تحليل المياه :

يتم تقويم نوعية المياه من خلال تفسير نتائج االتحليل السابقة وعلاقتها بأربعة مجالات من المشكلات العامة هي : الملوحة والنفاذية والسمّية ومشكلات متنوعة.

I ـ **مشكلات الملوحة** : ترتبط مع الكمية الكلية للأملاح الذوابة (الجوامد) في الماء وتأثيراتها في نمو المحاصيل. تُقاس الملوحة عادة من خلال التوصيل الكهربائي (أو الموصلية) electrical conductivity (EC_w) أو من خلال الأملاح (الجوامد) الذوابة الكلية total dissolved solids (TDS) .

II ـ **مشكلات النفاذية** : تؤدي بعض مكونات المياه إلى خفض نفاذية التربة وهذا يعمل على صعوبة تزويد المحاصيل باحتياجاتها من المياه من أجل نمو جيد، كما يمكن أن تسبب للمحاصيل صعوبات جمّة من خلال تغدق سطح التربة المترافق عادة مع الأمراض والملوحة والأعشاب الضارة ومشكلات التغذية. ويمكن تقويم مشكلة النفاذية من خلال تحديد نسبة الصوديوم إلى الكالسيوم والمغنزيوم في المياه. ويعبّر عن ذلك بطرائق عدة أكثرها انتشاراً هو مفهوم SAR أي نسبة امتزاز الصوديوم Sodium Adsorption Ratio .

كما يؤثر وجود الكربونات والبيكربونات في نفاذية التربة في بعض الظروف وبخاصة ذلك الجزء المتبقي منهما بعد طرح ما يكافؤهما من الكالسيوم والمغنزيوم وهذا يدعى كربونات الصوديوم المتبقيّة Residual Sodium Carbonate (RSC).

III ـ السُمية النوعية للشوارد Specific Ion Toxicity : تتصف بعض الشوارد بسميّة مباشرة للنباتات، والشوارد ذات الأثر السام عديدة أهمها : الصوديوم والكلور والبورون. ويختلف تأثير هذه الشوارد حسب طريقة الري، ولذا يصنف تأثيرها في المجموع الجذري عندما يضاف الماء بالطرائق السطحية للري، وفي المجموع الخضري عندما يضاف الماء بطريقة الري بالرش. كذلك يختلف تأثيرها حسب الفترة التي يستخدم فيها الماء. ويبين الجدول (8 - 6a) حدود تحمل النباتات للعناصر النادرة في حالة الاستعمال المستمر للمياه في ري كل أنواع الترب وفي حالة الاستعمال القصير في ري الترب ناعمة النسيج.

جدول (8 - 6a) حدود تحمل النباتات للعناصر النادرة في مياه الري

العنصر	ماء مستعمل باستمرار في ري كل الترب (ملیمكافئ/لتر)	ماء مستعمل لفترة قصيرة في ري ترب ناعمة النسيج (ملیمكافئ/لتر)
الومنيوم	1	20,00
بريليوم	0,5	1,0
بورون	0,75	2,0
كادميوم	0,005	0,05
كروميوم	5,0	20,0
كوبلت	0,2	10,0
نحاس	0,2	5,0
رصاص	5,0	20,0
ليثيوم	5,0	5,0
منغنيز	2,0	20,0
موليبديوم	0,005	0,05
نيكل	0,5	0,2
سيلينيوم	0,05	0,05
زنك	5,0	10,0

IV ـ مشكلات متنوعة : تتضمن هذه المجموعة بعض المشكلات المتعلقة بنمو النبات المفرط نتيجة لوجود تراكيز عالية من النتروجين في المياه، أو نظراً لتكوُّن بعض الترسبات البيضاء على أوراق المحاصيل عند الري بالرذاذ بمياه غنية بالبيكربونات، أو المشكلات المتعلقة بالـ pH كزيادة الحموضة أو زيادة القلوية.

5 ـ أدلة تقويم نوعية المياه (عن Ayers and westcot 1985):

لقد تمَّ وضع أدلة لتقويم نوعية المياه من حيث صلاحيتها للري استناداً إلى مجالات المشكلات المذكورة سابقاً. وتمَّ تحضير تلك الأدلة من قبل جامعة كاليفورنيا ويبيِّن الجدول (8 – 6) تلك الأدلة. وفي هذه الأدلة قسمت مشكلات الملوحة والنفاذية والسميّة والمتنوعة إلى ثلاث درجات من الخطورة استناداً إلى حجم المشكلة التي يمكن أن تظهر نتيجة للري لعدة سنوات، وهذه الدرجات هي : دون مشكلات كامنة، مشكلات متزايدة (خفيفة متوسطة) ثم مشكلات حادة. وتزداد الخطورة تدريجياً من الإنتقال من الدرجة الأولى وانتهاءاً بالدرجة الثالثة. وقد تعرضت تلك الأدلة إلى تعديلات متنوعة حتى أضحت بشكلها الحالي وقد تتعرض لبعض التعديل إذا ما أوضحت نتائج الأبحاث المستمرة ضرورة ذلك.

6 ـ مشكلات الملوحة :

ترتبط مشكلات الملوحة مع الأملاح الذوابة في الماء المستخدم. ويوجد مكونان لمشكلة الملوحة يتعلق الأول بملوحة ماء الري المستخدم وتأثيرها المباشر والسريع في المحصول. أما الثاني فيتعلق بالملوحة التي يمكن أن تتنامى ببطء في منطقة الجذور خلال فترة محددة من الزمن نتيجة لتراكم الأملاح وتأثيرها في المحصول. ويجب أن يؤخذ بالحسبان كل مكوِّن على حده. ويمكن التحكم بتراكم الملوحة في منطقة الجذور في حدود معينة، بإضافة كميات زائدة من الماء تكفي متطلبات الغسل اللازمة. غير أن هناك حداً معيناً للتصحيح يمكن أن يتم من خلال الغسل أو

تحسين الإدارة. ويتعلق هذا الحد بشكل وثيق بملوحة ماء الري المستخدم. فإذا كانت ملوحة ماء الري (EC_w) مفرطة وتتجاوز تحمل المحصول لها، فإنه لا يمكن الحصول على الغلّة الممكنة القصوى حتى وإن استخدم ماء إضافي ليفي بمتطلبات الغسل. وإن تحسين إدارة المياه وإضافة ماء للغسل يمكن أن تحسّن الغلّة ولكن في حدود معينة تفرضها ملوحة الماء المستخدم.

إن مشكلات الملوحة وإدارتها غالباً ما تكون معقدة بوجود مستوى ماء أرضي عالٍ أو ماء معلّق. وتتضمن التطبيقات العملية للتعامل مع الملوحة عادة استخدام ماء زائد من أجل الغسل لإزالة الأملاح، إضافة إلى إقامة المصارف الصناعية أو تحسين الصرف بأنواعه للتأكد من فعالية الغسل. وفي بعض الحالات يصبح تبديل المحصول إلى آخر أكثر تحملاً للملوحة أمراً لا مفر منه.

7 ـ اختيار المحصول المناسب لنوعية ماء الري وملوحة التربة :

إن الممارسة الزراعية واختيار المحصول والإدارة الناجحة لمنع مشكلات الملوحة من التفاقم هي في غاية الأهمية ويجب عدم الإنتظار حتى تستفحل مشكلات الملوحة ثم القيام بالتصدي لها، فدرهم وقاية خير من قنطار علاج. وتتوفر عدة خيارات لمنع أو لخفض مشكلات الملوحة. ومن هذه الخيارات انتخاب المحصول المناسب، إذ أن المحاصيل تتفاوت كثيراً بدرجة تحملها للملوحة وعليه فإن ملاءمة مياه الري المالحة نسبياً ستتوقف على نوعية المحصول أيضاً. فعلى سبيل المثال فإن الماء الذي تبلغ موصليته (EC_w) 2 مليموز يكون قليل الصلاحية لري المحاصيل الحساسة للملوحة مثل الفاصولياء الحقلية (يبلغ تحمل الفاصولياء الحقلية عند الإنتاجية الممكنة EC_w = 0,7 مليموز) بينما يرتفع هذا المقدار إلى 2,2 مليموز بالنسبة لمحصول الذرة.

لا تختلف النباتات في درجة تحملها لملوحة مياه الري فحسب وإنما تختلف أيضاً درجة تحمل النبات الواحد للملوحة باختلاف فترة نموه. وغالباً ما تكون فترة

وإلى جانب دراسة أثر التركيز الكلي للأملاح في نمو النباتات دُرس أيضاً أثر نوعية هذه الأملاح في نمو النباتات نظراً للتفاوت الكبير في الأثر الذي يحدثه كل نوع من هذه الأملاح بل كل عنصر كيميائي فيها. ومن العناصر المهمة ما يسبب تسمماً لهذه النباتات كالكلور والبورون وغيرها. ويبين الجدول (8 – 8) تصنيف النباتات حسب درجة تحملها لتركيز عنصر البورون تبعاً لـ Eaton عام 1935 مع التعديلات الطفيفة التي أحدثت نتيجة المشاهدات الحقلية.

جدول (8 – 8) تصنيف النباتات حسب تحمّلها لعنصر البورون

مرتبة ترتيباً تنازلياً ضمن كل مجموعة

متحملة	نصف متحملة	حساسة
4,0 جزء بالمليون	2,0 جزء بالمليون	1,0 جزء بالمليون
الهليون	عباد الشمس	البيكان
النخيل	البطاطا	الجوز
شوندر السكر	القطن	الأرضي شوكي
شوندر المائدة	البندورة	الخوخ
البرسيم (الفصّة)	البازلاء	الأجاص
الغلاديولس	الفجل	التفاح
البصل	الزيتون	العنب (سلطانينا)
اللفت	الشعير	التين
الملفوف	القمح	الكرز
الخس	الذرة	الدرّاق
الجزر	الشوفان	المشمش
	القرع	البرتقال
	الفليفلة	الأفوكادو
	البطاطا الحلوة	الكريفون
	الفاصولياء البيضاء (ليما)	الليمون
2,0 جزء بالمليون	1,0 جزء بالمليون	0,3 جزء بالمليون

ويجب الإشارة إلى أن جداول تحمل النباتات للبورون تشبه جداول تحمل النباتات للملوحة الكلية وتخضع للشروط ذاتها، كما أن تلك الحدود بين المجموعات الثلاث ليست حديّة. على أن المعلومات المتوافرة عن درجة تحمل النباتات للبورون لا تساعد على تحديد الحدود المسموح بها لتركيز البورون في محلول التربة. أما مياه الري فقد صنفت حسب محتواها من البورون في جدول سابق. ويختلف تأثير التراكيز المختلفة للبورون في مياه الري عن محلول التربة باختلاف خصائص التربة وكيفية إدارتها لما له من أثر في درجة تجمع البورون في التربة. وجدير بالذكر أن 0,7 جزء بالمليون من البورون في مستخلص عجينة التربة المشبعة EC_e تُعدّ حد الأمان التقريبي للمحاصيل الحساسة.

ومن أجل تحديد مقدرة النباتات المختلفة على تحمل الملوحة اتبعت الإتجاهات الثلاثة التالية :

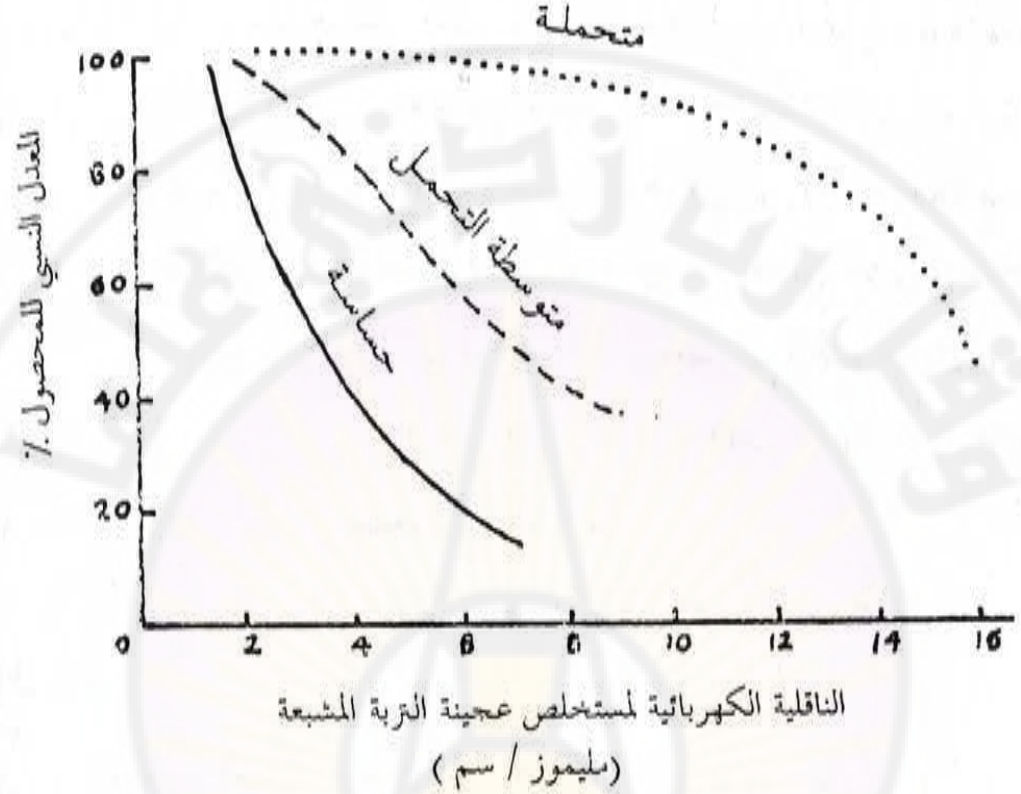
آ ـ قابلية النبات للنمو في تربة مالحة.

ب ـ كمية محصول النباتات المزروع في تربة مالحة.

جـ ـ المحصول النسبي للنبات المزروع في تربة مالحة بالمقارنة مع محصوله في تربة غير مالحة تحت ظروف بيئية مماثلة.

ولقد اتبع كثير من الباحثين الإتجاه الأول إلا أن فائدته في الري الزراعي قليلة. وكان للإتجاه الثاني أهمية أكبر من الناحية الزراعية. إلا أن الإتجاه الثالث كان أفضل الإتجاهات الثلاثة المذكورة لأنه يعطي أساساً جيداً للمقارنة بين النباتات المختلفة. ولقد أجريت عدة تجارب حقلية بزراعة ترب أضيف لها أملاح بتراكيز مختلفة بعد زراعتها واكتمال الإنبات فيها. وجُمع محصول هذه النباتات وقُورن مع محصولها في الترب غير المالحة ثم حسب محصولها النسبي وقُسمت إلى ثلاث مجموعات : عالية التحمل، ومتوسطة التحمل، وضعيفة التحمل. ويوضح الشكل

(8 – 3) المحصول النسبي لهذه المجموعات عند قيم مختلفة من التوصيل الكهربائي لمستخلص عجينة التربة المشبعة EC_e.



شكل(8 – 3) المحصول النسبي لمجموعات النباتات عالية ومتوسطة وضعيفة التحمل عند قيم مختلفة من EC_e

ويلاحظ من هذا الشكل أن النباتات عالية التحمل للملوحة هي التي يكون محصولها النسبي 50٪ عند قيمة 16 مليموز/سم، والنباتات متوسطة التحمل هي التي يكون محصولها النسبي 50٪ عند قيمة 8 مليموز/سم. والنباتات ضعيفة التحمل هي التي يكون محصولها النسبي 50 ٪ عند قيمة 4 ميلموز/سم. كذلك أجريت تجارب لمقارنة أصناف النبات الواحد فوجد أن هناك اختلافاً واضحاً بين أصناف القطن وأصناف الشعير في درجة تحملها للملوحة. كما أن هذه الأصناف تختلف في فترة النمو التي تكون عندها أكثر تحملاً للملوحة. ومن الأبحاث الحديثة الجارية تم تهجين أصناف من القمح مختلفة في درجة تحملها للملوحة خلال مراحل النمو المختلفة.

وجدير بالذكر أنه لا بد من ملاحظة الظروف المناخية عندما يراد تطبيق التقسيمات المذكورة، كما يجب ملاحظة ظروف التربة وصنف النبات المختار . لذلك فقد أجرى Mass and Hoffman عام 1977 دراسات كانت نقطة البدء فيها قيم الموصلية الكهربائية لمستخلص عجينة التربة المشبعة EC_e التي يمكن أن تتحملها النباتات المختلفة.

ونظراً لأهمية الناقلية الكهربائية لمياه الري EC_w فقد أخذت أيضاً بالحسبان. ونظراً لما يحدث في التربة من إزاحة للأملاح بالري الغزير أو تراكم لهذه الأملاح بالتبخر أو نتيجة امتصاص النباتات لماء التربة فإن مقدار الماء اللازم لغسل الأملاح المتراكمة ـ والذي عرف باصطلاح احتياجات الغسل Leaching Requirement (LR) ـ قد حسب طبقاً لظروف الملوحة في مياه الري وقدرة النباتات على تحمل الملوحة. وقد عبر عن هذه القدرة بقيمة الناقلية الكهربائية لمياه الصرف Drainage water ويرمز لها بـ EC_{dw} . وبالتالي فإن احتياجات الغسل LR تحسب من العلاقة :

$$LR = \frac{EC_w}{EC_{dw}}$$

وهذه الإحتياجات تمثل الحد الأدنى من مياه الغسل الذي يحافظ عنده على تركيز الأملاح المرغوب به في التربة بالنسبة للنبات المختار ولنوعية مياه الري المستعملة.

وبناء على ما تقدم صنفت النباتات المختلفة حسب مقدار الإنخفاض المتوقع في إنتاجها ودونت تراكيز الأملاح في مياه الري EC_w وفي مستخلص عجينة التربة المشبعة EC_e وذلك عندما يتوقع انخفاض في الإنتاج قدره صفر ٪، 10 ٪، 25 ٪ و 50 ٪ بالنسبة لنباتات المحاصيل الحقلية وأشجار الفاكهة والخضراوات والمحاصيل العلفية. ويبين الجدول (8 – 9) قيم كل من EC_w و EC_e و LR و EC_{dw} القصوى للنباتات المختلفة عند قيم معدلات انخفاض الإنتاج المتوقعة.

وجدير بالذكر أن قيمة EC_{dw} تمثل الفقد الكلي (100 ٪) المنتظر في انتاجية المحاصيل. ومن المعتقد أنه إذا استطعنا تحقيق احتياجات الغسل المذكورة فإنه يمكن التحكم بمقدار تركيز الأملاح في منطقة الجذور بحيث تكون انتاجية المحاصيل قرب معدل 85 ـ 100 ٪. لذا فإن إضافة كمية من المياه كافية ومقاربة لكمية المياه المستهلكة من قبل النباتات Consumptive-use ـ أو ما يساوي تقريباً التبخر ـ النتح Evapotranspiration بالإضافة إلى احتياجات الغسل ـ سوف يحقق أعلى كفاءة من استعمال هذه المياه. وفي هذه الحالة فإن كمية مياه الصرف ستكون عند حدها الأدنى إلا أن تركيز الأملاح فيها عند الحد الأعظمي وهو حد تحمل النباتات المختلفة للملوحة.

ويمكن استخدام الجدول (8 – 9) الذي يبيّن تحمل المحاصيل للملوحة لإنتقاء المحاصيل الملائمة أو المتحملة لنوعية المياه المتوفرة ودرجة ملوحة التربة التي ستتعرض لها تلك المحاصيل. ويسجل هذا الجدول تحمّل مختلف المحاصيل الحقلية والخضراوات والأعلاف والفاكهة لملوحة كل من المياه المستخدمة (EC_w)، كما يُظهر مقدار انخفاض المحاصيل نتيجة لمختلف درجات ملوحة المياه والتربة المذكورتين.

وبعد تقويم تحاليل المياه طبقاً للأدلة السابقة وبعد الرجوع إلى جدول تحمل المحاصيل للملوحة يمكن للشخص الذي يستخدم المياه أن يتنبأ باحتمال نشوء مشكلات ملوحة أم لا، ويجب أن يكون قادراً على اتخاذ الخطوات الكفيلة بدرء خطر التملح.

أخذ جدول تحمل المحاصيل لتراكيز مختلفة من الأملاح الموضحة في الصفحات السابقةمن Ayers 1976 وقد أضاف إليها النقاط الآتية لبيان مصادرها أو توضيح بعض رموزها.

1 ـ من USDA - Ag . Inf . Bull . 283 ومن الإتصال الشخصي له بالدكتور Dr. Leon Bernstien بمخبر الملوحة الأمريكي. ريفرسايد ـ كاليفورنيا.

EC_e - 2 - الموصليَّة الكهربائية لمستخلص عجينة التربة المشبعة بالمليموز/سم.

EC_w - الموصليَّة الكهربائية لماء الري بالمليموز/سم.

LR - الإحتياجات الغسلية = $\frac{EC_w \times 100}{EC_{dw}}$.

EC_{dw} - أقصى تركيز للأملاح يمكن أن يظهر في مياه الصرف تحت المحاصيل نتيجة لـ ET (تبخّر - نتح) ويستخدم لحساب (LR) للمحافظة على EC_e الضرورية في منطقة الجذور النشطة، وهو يساوي الحد الأقصى لـ EC_e الذي يتوقف عنده نمو النبات.

3 ـ التحمل أثناء الإنبات (الشوندر) أو مرحلة البادرات (قمحاً، شعيراً) محدد بقيمة «EC_e» = نحو 4 مليموز/سم في الطبقة العليا من التربة، حيث الإنبات والنمو المبكر.

ولتحويل (EC_w) إلى (EC_e) يفترض أن تركيز أملاح ماء الري يتضاعف ثلاث مرات ليصبح أملاح ماء التربة (EC_{sw}) ويظهر ذلك في الجزء الأكثر نشاطاً حيث $EC_{sw} = 3 \times EC_w$ ، $EC_e = 2 \div EC_{sw}$. إذ أن ماء التربة أكثر تركيزاً من مستخلص العجينة المشبعة بمرتين.

8 ـ *الإحتياجات الغسلية (LR) Leaching requirement:*

لقد سبقت الإشارة إلى أن إضافة كمية زائدة من ماء الري لغسل الأملاح تُعدّ واحداً من السبل الرشيدة للتحكم في تراكم الملوحة، وتستخدم على نطاق واسع من قبل المزارعين. والإحتياجات الغسلية هي أقل كمية من الماء الزائد التي يجب أن تتخلل منطقة الجذور الفعالة لتمنع إزدياد تراكم الأملاح، ويعبّر عنها كنسبة مئوية من الإحتياجات المائية العادية للمحصول، وفي كثير من المناطق فإن مياه الأمطار إضافة إلى الري العادي يمكن أن تؤمن الإحتياجات الغسلية وتسيطر على تراكم الملوحة في التربة.

ويبين الجدول (8 – 9) الإحتياجات الغسلية لكل محصول وملوحة ماء الصرف القصوى (EC_{dw}) التي يمكن أن يتحملها المحصول في أسفل منطقة الجذور بحيث لا يضيع أكثر من 10 إلى 15 ٪ من الإنتاج. وإن EC_{dw} هي لمياه الصرف التي تستخدم لحساب قيم إحتياجات الغسل (LR) بالنسبة لنوعية الماء (EC_w) ونمو النبات حيث :

$$LR = \frac{EC_w}{EC_{dw}} \times 100$$

حيث :

EC_w ـ التوصيل الكهربائي لماء الري مليموز/سم.

EC_{dw} ـ التوصيل الكهربائي لماء الصرف مليموز/سم.

ويمثل الكسر الناتج الزيادة في ماء الري الواجب اضافتها مع كل رية للتحكم في الأملاح، فإذا كانت الإحتياجات الغسلية «LR» تساوي 20 ٪ مثلاً فإن ذلك يعني أن مقدار الماء الواجب إضافته حتى تصل التربة إلى سعتها الحقلية حتى العمق المطلوب يجب أن يزاد بمقدار 20 ٪ حتى لا تتجمع الأملاح في التربة.

ومن رأي مخبر بحوث الترب الملحية الأمريكي أن بسط (صورة) الكسر هو التوصيل الكهربائي لماء الري، أما المقام (المخرج) فهو التوصيل الكهربائي لمستخلص عجينة التربة المشبعة الذي تعطى التربة عنده محصولاً يعادل 50 ٪ من المحصول الناتج في ظروف خالية من الأملاح وذلك لكلٍ من محاصيل العلف والحقل والخضر، ويمكن الحصول عليها من جداول مبنيَّة على دراسات تحمّل المحصول للأملاح الذائبة.

واستناداً إلى بحوث المخبر المذكور فإن تركيز الأملاح وبالتالي التوصيل الكهربائي للمستخلص يزداد مع عمق التربة وبالتالي فإذا كان التركيز في المنطقة الأكثر عمقاً من الجذور يسمح بإنتاج نصف المحصول فمعنى ذلك أن التركيز في

المنطقة حول الجذور يكون أقل من ذلك ويسمح بانتاج 80 ٪ من المحصول الذي ينتج في ظروف خالية من الأملاح، أما إذا كان الهدف محصولاً أعلى من ذلك فيجب اعتبار التوصيل الكهربائي الذي يعطي 75٪ من المحصول هو قيمة المقام، وبالتالي فإن الظروف حتى عمق الجذور تكون قريبة من ظروف غير ملحية ويطبق ذلك على التربة المتجانسة في حالة الإتزان.

أما في محاصيل الفاكهة فإن بسط الكسر هو التوصيل الكهربائي لماء الري، أما المقام فهو التوصيل الكهربائي لمستخلص التربة عند درجة التشبع الذي تعطي التربة عنده انتاجاً يعادل نقص 10 ٪ من المحصول الناتج في ظروف خالية من الأملاح.

وقد اختبر Bower et al, عام 1969 استخدام قيم «EC_e» المذكورة والتي يمكن الحصول عليها من جداول تحمّل النباتات للأملاح بدلاً من قيم «Cd» وذلك باستخدام الليزيمترات وقد وجد أن تركيز الأملاح في ماء الصرف (القيم التجريبية) يساوي تقريباً القيم المحسوبة لـ «EC_e» . وقد أشار أن «EC_e» تشير إلى متوسط تركيز الأملاح في مقطع التربة وأن تركيز الأملاح يزداد مع العمق، وأن «Cd» هو تركيز الأملاح أسفل منطقة الجذور وأنه عند ظروف الإتزان فإن قيم «Cd» تساوي تقريباً ضعف متوسط الملوحة في التربة.

ويمثل جزء الغسل Leaching Fraction أو ما يعرف أحياناً باسم جزء الصرف Drainage Fraction القيمة الحقيقية (أي الجزء من الماء المضاف الذي يجب أن يظهر في ماء الصرف) بينما «LR» هي القيمة المقدرة (الجزء من الماء المضاف على حد معين لانتاج محصول معين من النبات المزروع) ويمكن التعبير عنه بعمق معين من الماء أو حجم ماء.

ولتوضيح استخدام المنحنيات نفرض أن هناك ماء صرف توصيله الكهربائي 6,5 ملليموز/سم سيستخدم كمصدر لري نباتات القطن والذرة، ومن الجداول السابقة يستخدم للقطن منحنى«EC'_{e10}» يساوي 10 وللذرة يستخدم منحنى حيث «EC'_{e10}» يساوي 5، ومن هذه المنحنيات نجد أنه إذا استخدم هذا الماء في الري فإنه يلزم إضافة 0,15 للقطن، 0,34 للذرة كاحتياجات غسلية.

وتختار المحاصيل طبقاً لدرجة تحملها لتركيز الأملاح أو الصوديوم التبادلي، وكلما ارتفع تركيز الأملاح بالتربة وبماء الري وجب اختيار نبات أكثر مقاومة للأملاح. وسبقت الإشارة إلى أن معمل بحوث التربة الملحية الأمريكي قد قام باختبار مجموعة كبيرة من محاصيل الحقل والمراعي والخضر والفاكهة والأشجار وقسمها طبقاً لدرجة مقاومتها للأملاح كما في الجداول والأشكال المرفقة، وتجدر الإشارة إلى أنه يمكن الإسترشاد بالجداول ولكن من الضروري إجراء اختبارات مماثلة تحت الظروف المحلية لكل منطقة.

وقام Mass and Hoffman عام 1977 بالإستنتاج من قيم التوصيل الكهربائي التي أعطت نسباً من المحصول الأعلى الذي ينتج تحت ظروف غير ملحية خطوطاً بيانية تمثل العلاقة الكمية بين التوصيل الكهربائي والنسبة المئوية للمحصول الناتج [الأشكال (8،5-11). ثم من معاملات رياضية بسيطة تمثلها المعادلة :

$$Y = \frac{100\ (EC_0 - EC_e)}{EC_0 - EC_{100}}$$

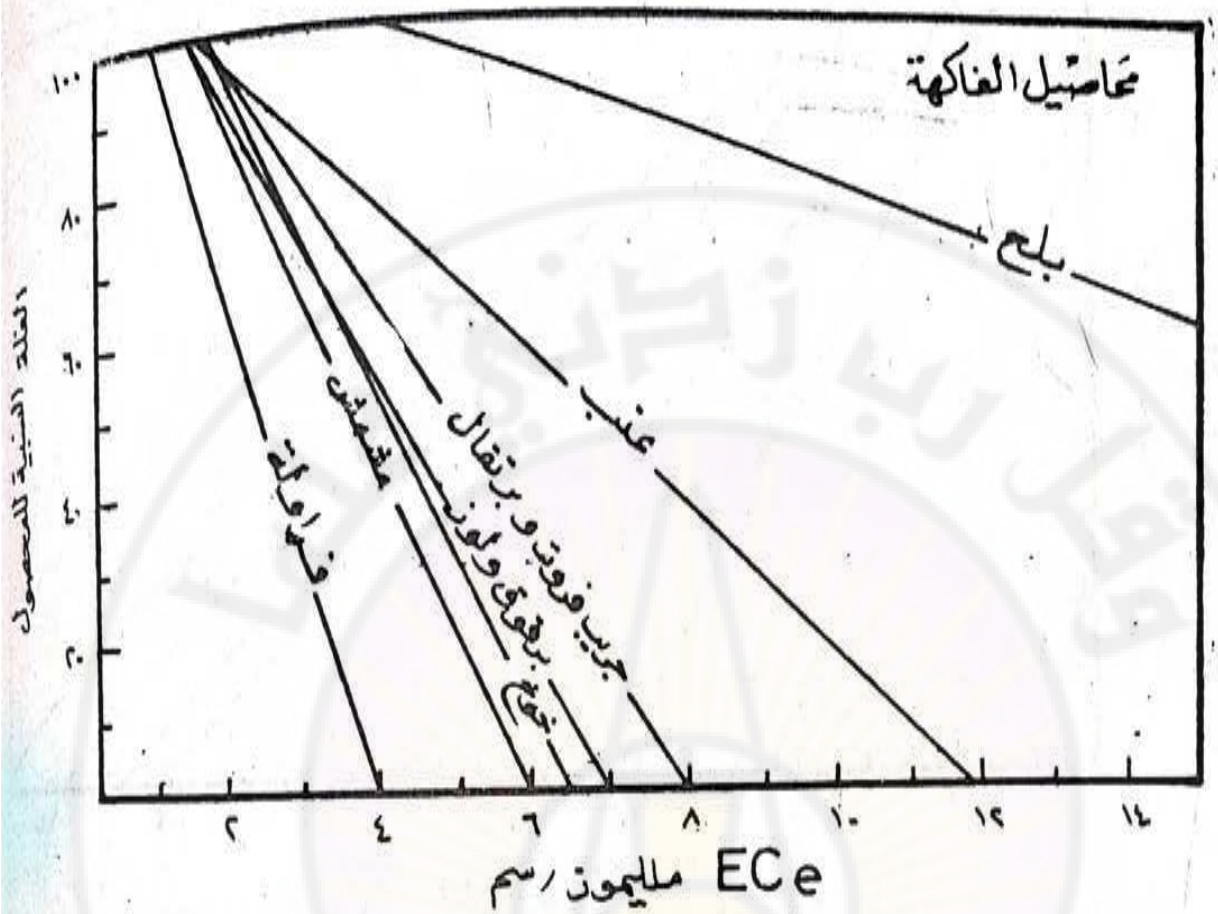
أمكن حساب النسبة المئوية للمحصول الناتج «Y» من معرفة :

EC_e = التوصيل الكهربائي للمستخلص الذي يمثل حالة التربة.

EC_0 = التوصيل الكهربائي للمستخلص الذي لا يعطى محصولاً.

EC_{100} = التوصيل الكهربائي للمستخلص الذي يعطى 100 ٪ من المحصول .

وإن استخدام هذه المعادلة يستوجب أن تكون العلاقة الموضحة في الأشكال بين التوصيل الكهربائي والنسبة المئوية للمحصول الناتج علاقة خط مستقيم أما إذا كانت هذه العلاقة بصورة خط منحنى فالإستنتاج يصبح غير دقيق.



الشكل (8 – 11) تحمل محاصيل الفاكهة للأملاح

9 ـ مشكلات النفاذية المتعلّقة بنوعية الماء :

بالرجوع إلى أدلة تقويم المياه السابقة يتضح أن مشكلات النفاذية مرتبطة في معظم الأحيان – وليس في جميعها – بالمحتوى المنخفض جداً للكالسيوم والمغنزيوم أو بارتفاع محتوى الصوديوم. كما قد تنجم مشكلات النفاذية عن الإنخفاض الشديد لمحتوى الأملاح في الماء عندما ينخفض التوصيل الكهربائي EC_w عن 0,5 مليموز/سم.

تعمل المياه منخفضة الملوحة على حت واستنزاف الترب السطحية من المعادن سهلة الذوبان والأملاح الذوّابة. وهي قادرة على إذابة مصادر الكالسيوم كافة وبسرعة من التربة السطحية وتهدمها مما يؤدي إلى بعثرة التربة وانغلاق المسام

وهذا يسبب انخفاض درجة نفاذية الماء. وإن استخدام مصلحات التربة والمياه مثل الجبس إضافه إلى تغيير العمليات الزراعية تعد من الوسائل الناجعة لتحسين نفاذية الماء في التربة.

وتقوّم مشكلات النفاذية المتعلقة بزيادة الصوديوم أو نقص الكالسيوم من خلال مفهوم جديد نسبياً يدعى نسبة امتزاز الصوديوم المعدلة adjusted (adj SAR) Sodium Adsorption Ratio بينما كان يقوّم سابقاً من خلال نسبة امتزاز الصوديوم SAR والتي تحسب استناداً إلى معادلة غابون Gapon ثم رجع اعتماد SAR ثانية:

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

إضافة إلى كربونات الصوديوم المتبقّية Residual sodium carbonate (RSC) وقد أضاف المفهوم الجديد إلى (SAR) تأثير الكربونات والبيكربونات من خلال قيم نظرية وحسابية لقيمة pH_c. وإن pH_c يقوّم مقدرة ماء الري على إذابة الجير من التربة وزيادة الكالسيوم الذائب أو الميل لترسيب الجير وإنقاص الكالسيوم الذائب. ويؤثر وجود الكربونات والبيكربونات في ذوبان الكالسيوم بصورة واضحة. ويحسب SAR المعدّل والذي اقترح من قبل مخبر الملوحة الأمريكي Ayers حسب المعادلة التالية :

$$adj\ SAR = SAR\ [(1 + (8.4 - pH_c)]$$

ويعبّر عن محتوى الصوديوم والكالسيوم والمغنزيوم بالملي مكافئ/لتر المأخوذة من نتائج تحاليل المياه. وإن pH_c هي قيم نظرية محسوبة تتعلق بما يلي :

1 ـ الملوحة الكلية والمقيسة بالصوديوم + الكالسيوم + المغنزيوم في الماء.

2 ـ محتوى الكالسيوم + المغنزيوم في الماء.

3 ـ محتوى الكربونات والبيكربونات في الماء.

ويبيّن الجدول (8 – 11) قيم pH_c للمياه التي تحسب كما يلي:

$$pH_c = (pK_2' - pK_c') + p\,(Ca + Mg) + pAlK$$

حيث يحصل على $pK_2' - pK_c'$ من $Ca + Mg + Na$ و $p\,(Ca + Mg)$ من $Ca + Mg$ و $pAlK$ من $CO_3 + HCO_3$.

جدول (8 – 11)

Cont. Ca+Mg+Na (meq/l)	$p(K_2' - K_c')$	Cont. Ca + Mg (meq/l)	$p(K_2' - K_c')$	Cont. $CO_3 + HCO_3$ (meq/l)	pAlK
0,5 →	2,11	0,05 →	4,60	0,05 →	4,30
0,7	2,12	0,10	4,30	0,10	4,00
0,9	2,13	0,15	4,12	0,15	3,82
1,2	2,14	0,20	4,00	0,20	3,70
1,6	2,15	0,25	3,90	0,25	3,60
1,9	2,16	0,32	3,80	0,31	3,51
2,4	2,17	0,39	3,70	0,40	3,40
2,8	2,18	0,50	3,60	0,50	3,30
3,3	2,19	0,63	3,50	0,63	3,20
3,9	2,20	0,79	3,40	0,79	3,10
4,5	2,21	1,00	3,30	0,99	3,00
5,1	2,22	1,25	3,20	1,25	2,90
5,8	2,23	1,58	3,10	1,57	2,80
6,6	2,24	1,98	3,00	1,98	2,70
7,4	2,25	2,49	2,90	2,49	2,60
8,3	2,26	3,14	2,80	3,13	2,50
9,2	2,27	3,90	2,70	4,0	2,40
11	2,28	4,97	2,60	5,0	2,30
13	2,30	6,30	2,50	6,3	2,20
15	2,32	7,90	2,40	7,9	2,10
18	2,34	10,00	2,30	9,9	2,00
22	2,36	12,50	2,20	12,5	1,90
25	2,38	15,80	2,10	15,7	1,80
29	2,40	19,80	2,00	19,8	1,70
34	2,42				
39	2,44				
45	2,46				
51	2,48				
59	2,50				
67	2,52				
76	2,54				

Example : To calculate adj. SAR of water from

$$\text{adj. SAR} = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} [\, 1 + (8.4 - pH_c \,]$$

With report of water analysis

Na = 3.5 meq/l

Ca + Mg = 1.0 meq/l

Ca + Mg + Na = 4.5 meq/l

$CO_3 + HCO_3$ = 3.0 meq/l

pHc = 2.21 + 3.30 + 2.5 = 8.01 (from tables)

$$\text{adj.SAR} = \frac{3.5}{\sqrt{1/2}} [\, 1 + (8.4 - 8.01) = 4.95\ (1 + 0.39)]$$

adj.SAR = 6.88

والجدير بالذكر أن قيم pH_c الأعلى من 8,4 تجعل الماء قادراً على إذابة الكلس من التربة أثناء تحركه خلالها، أما قيم pH_c الأقل من 8,4 فإنها ترسب الكلس الذائب في الماء بعد اضافته للتربة.

ومن الجدير بالذكر أن (adj SAR) لم يعد مقترحاه Ayers and westcot ينصحان باستخدامه وذلك في بحثهما عن الري والصرف رقم 29 عام 1985 . وهذا ما يتضح من الجدول رقم (8 –6) الذي يستخدمان فيه SAR وليس adj SAR لتقويم صلاحية المياه.

10 ـ تصحيح أو حل مشكلات النفاذية :

تُعدّ سوء نفاذية المياه في الترب المالحة من أهم الأسباب التي تعيق عمليات استصلاحها وتحول دون صرف الماء بصورة مقبولة. إن مشكلات نوعية المياه المتعلقة بنفاذية التربة يمكن تجنبها غالباً أو تصحيحها بوساطة بعض التطبيقات الفيزيائية أو الكيميائية والتي يمكن أن تؤدي إلى زيادة دخول الماء في التربة.

أولاً ـ التطبيقات الفيزيائية وتشمل ما يلي :

آ ـ تسوية الأرض بصورة جيدة لتحسين توزع الماء على سطحها وخفض الجريان السطحي.

ب ـ إبقاء الماء في الحقل لفترة أطول.

جـ ـ تقليل انحدار الأرض بوساطة التسوية أو تغيير اتجاه الري إلى الإنحدار الأقل.

د ـ تجميع مياه الجريان السطحي وإعادة توزيعها.

هـ ـ تنظيم معدل الري بالرش بحيث يكون أقل من معدل تسرب أو تشرُّب الماء في التربة.

و ـ تغطية شبكات المياه.

ثانياً ـ المصلحات الكيميائية : غالباً ما تستخدم المصلحات الكيميائية بنجاح واضح لتصحيح مشكلات نفاذية التربة. ويُعدّ الجبس المصلح الإعتيادي حيث يضاف إلى ماء الري أو إلى التربة.

وتتراوح معدلات إضافة الجبس إلى ماء الري بين 200 ـ 1000 ليبرة إلى كل ايكر قدم ماء وهذا يعادل نحو 80 ـ 400 كغ جبساً لكل 1000 م^{3}من الماء. أما معدل إضافة الجبس إلى التربة فيتراوح بين 2 حتى 10 أو 20 طن/للإيكر وهذا يعادل 5 ـ 25 إلى 50 طن/هكتار. وتُعدّ التحاليل الكيميائية لكل من التربة والمياه عملاً جوهرياً في تحديد معدل استخدام الجبس.

11 ـ مشكلات السميّة :

إن مشكلات السميّة الناتجة عن نوعية المياه غالباً ما تكون خاصة ببعض مكونات الماء ولبعض المحاصيل. وعموماً تكون أشجار الفاكهة والزينة حساسة بصورة خاصة حتى للتراكيز المنخفضة من الصوديوم والكلوريد، بينما لا تبدي

المحاصيل الحولية درجة الحساسية ذاتها. ويؤثر البورون في مجال واسع من المحاصيل. وتميّز الجداول بين السميّة الناتجة عن الإمتصاص الجذري والناتجة عن الري بالرش على الأوراق.

وتنتج مشكلة البورون عادة عن وجوده في ماء الري، غير أن بعض الترب قد تحتوي على البورون بكمية زائدة. ويمكن أن يغسل البورون ولكن بصعوبة كبيرة مقارنة بالأملاح الذوابة، إذ بينت دراسة أجريت على ترب في وادي الفرات أن كمية الماء اللازمة لغسل كل الأملاح الذوابة من الترب لا تغسل سوى ثلث البورون من تلك التربة . لأن حركية البورون أقل من حركية الأملاح الذوابة، وهذا ما يستدعي غلي عينة التربة بالماء المقطر لتقدير البورون فيها. ويمكن إصلاح مشكلة البورون بتغيير ماء الري المستخدم أو بزراعة محاصيل أكثر مقاومة للبورون. ويبيّن الجدول (8 – 8) تحمّل النباتات للبورون.

ويمكن تلافي أو تصحيح تأثير السميّة الناتجة للإمتصاص الجذري عادة من خلال تحسين إدارة المياه، الغسل، وأحياناً إضافة المصلحات للماء أو للتربة. أما مشكلات الإمتصاص الورقي من الري الرذاذي فتحدث عادة خلال فترات هبوب الرياح الشديدة أو انخفاض الرطوبة النسبية، وهذا يؤدي إلى سرعة التبخر من سطوح الأوراق وزيادة تركيز السميّة فيها. وفي هذه الحالة فإن الري خلال الليل وتسريع دورات المرشات بحيث تصل إلى دورة واحدة على الأقل في الدقيقة يمكن أن ينقص وبدرجة كبيرة من تلك المشكلة. كما أن إقلال تواتر الريات بالرش (بالرذاذ) يمكن أن يخفض من إمكان حدوث الإمتصاص الورقي.

12 ـ مشكلات متنوعة :

لقد سبقت الإشارة إلى أن المشكلات المتنوعة تضم مجموعة خليطة مثل زيادة المغذيات، ترسبات بيضاء على الثمار والأوراق، وغيرها من الشواذات العرضية

المتوقعة نتيجة لاستخدام ماء الري. وتضم أدلة التقويم كلاً من النتروجين والبيكربونات.

آ ـ **النتروجين** : يحتوي ماء الري في كثير من الأحيان على النتروجين، ويجب أن يؤخذ ذلك بالحسبان عند حساب المعدلات السمادية. إلا أن النتروجين قد يوجد في ماء الري بتركيز كبير. وهناك عدد من المحاصيل الحساسة لزيادة النتروجين مثل الشوندر السكري، العنب، المشمش، الحمضيات. وترتبط نوعية المشكلة بالمحصول المزروع، ويمكن أن تشمل إنخفاض الإنتاجية والنوعية وتأخر النضج.

ب ـ **البيكربونات** : يسبب وجود البيكربونات في الماء عند الري بالرذاذ ترسبات بيضاء على سطوح الثمار وأوراق بعض المحاصيل مثل العنب والتفاح وأوراق نباتات الزينة، وتتخذ عادة الإجراءات التي سبقت الإشارة إليها لتلافي أو لتصحيح مشكلة الإمتصاص الورقي.

وتشير الأدلة إلى أن رقم الحموضة الملائم لمعظم المحاصيل يتراوح بين 6,5 و 8,4 وإذا تجاوز تلك الحدود فيمكن أن تنشأ مشكلات جديدة تحتاج إلى حلول مختلفة حسب رقم الحموضة.

تصنيف مياه الري حسب مخبر الملوحة الأمريكي بجامعة ريفرسايد عام 1954 :

ينتشر هذا التصنيف بصورة واسعة ويعتمد هذا التصنيف على الخصائص التالية :

آ ـ الكمية الكلية من الأملاح الذائبة Total Dissolved Salts (TDS).

ب ـ نسبة شاردة الصوديوم لشاردتي الكالسيوم والمغنزيوم، وهذا ما يعرف بنسبة امتزاز الصوديوم Sodium Adsorption Ratio (SAR).

جـ ـ محتوى المياه من شاردتي الكربونات والبيكربونات.

د – البورون .

آ – تعيين الأملاح الذوّابة :

يتم تعيين الكمية الكلية من الأملاح الذائبة استناداً إلى وزن الراسب الجاف عند تجفيف حجم معين من الماء، أو استناداً إلى درجة التوصيل الكهربائي Electrical Conductivity (EC) مقدرة بوحدات تسمى موز/سم mohs/cm أو بأجزائها المليموز أو الميكروموز/سم محسوبة على حرارة 25 °م.

ويبيّن الجدول (8 – 12) تصنيف مياه الري تبعاً للتركيز الكلي للأملاح ولتوصيله الكهربائي.

جدول (8 – 12) تصنيف مياه الري تبعاً للتركيز الكلي للأملاح ولتوصيله الكهربائي

الدرجة	النوعية	التركيز PPM	$EC \times 10^6$ (ميكرو موز/سم)
1	صالح للري	140 >	250 >
2	متوسط الصلاحية	500 - 140	750 - 250
3	عالي الملوحة	1500 - 500	2250 - 750
4	عالي الملوحة جداً	1500 <	2250 <

ويمكن تحويل التوصيل الكهربائي EC بالمليموز إلى تركيز PPM من العلاقة التالية $TDS = EC \times 640$.

كما أن : $EC_w \times 1,5 = EC_e$

$EC_w \times 3 = Ec_{sw}$

حيث : EC_{sw} - التوصيل الكهربائي لماء التربة.

ب - نسبة الصوديوم :

يُعدّ الصوديوم أكثر الكاتيونات ضرراً بالتربة، فإذا وجد ممتزاً أو قابلاً للتبادل فإنه يسبب تغيرات فيزيائية وكيميائية تضر بالتربة والنباتات المزروعة. فالصوديوم

المتبادل يجعل التربة الرطبة قليلة النفوذية للمـاء والهـواء وتصبـح قاسـية صلبـة صعبة الحراثة كما تشكل قشوراً كتيمة تعيق الإنبات ونمو البادرات.

ومن الأدلـة المهمـة علـى تأثـير الصوديـوم في ميـاه الـري قابليتـه للتبـادل مع الكاتيونات الممتزة على معقد الامـتزاز، ويعـبر عـن ذلـك مـن خـلال نسـبة امتزاز الصوديوم SAR وتحسب من المعادلة التالية المبنيَّة على معادلة غابون Gapon :

$$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

وهنا تقدّر الكاتيونات بالمليمكافئ/لتر.

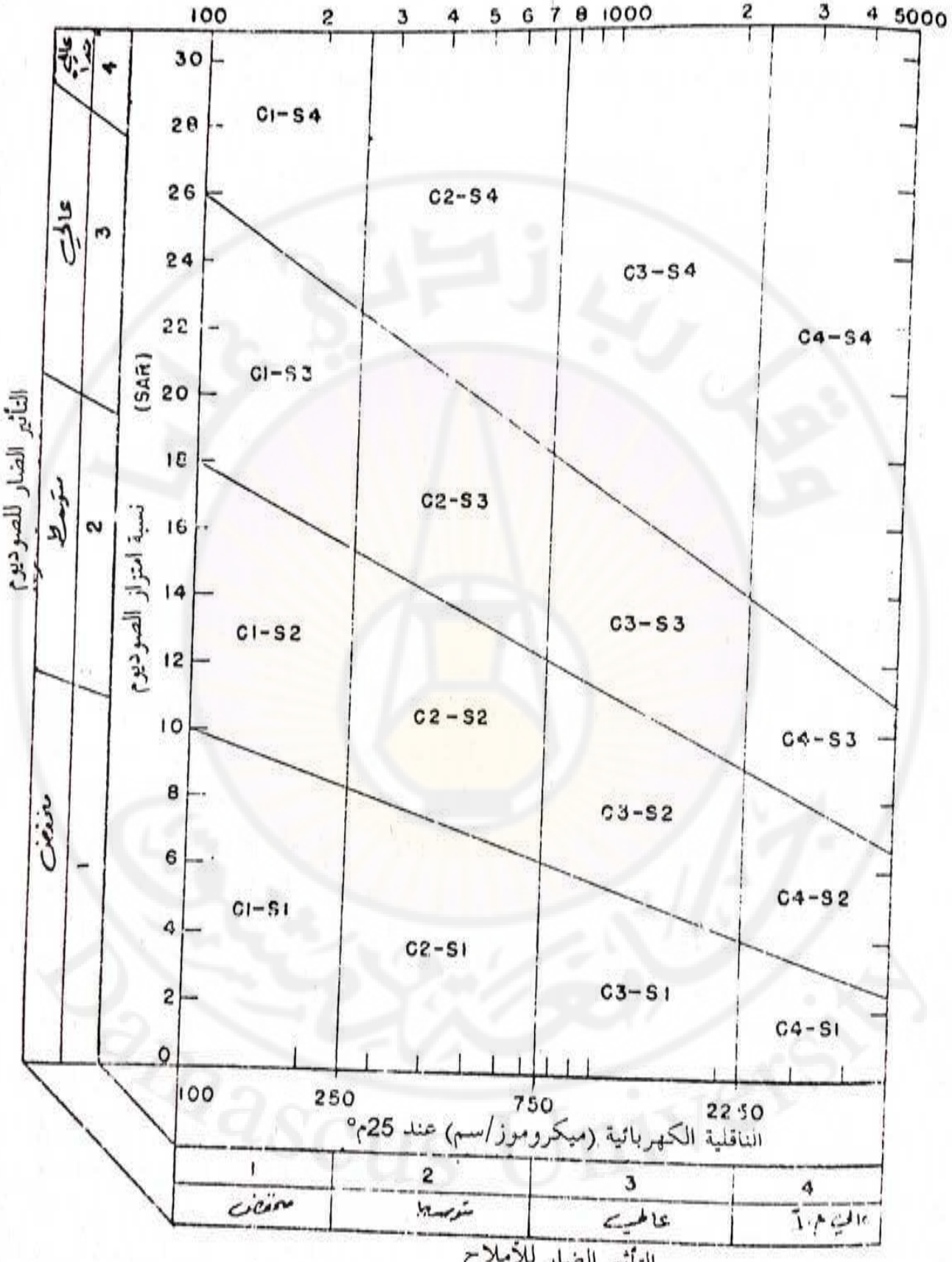
وتوجد علاقة بين تركيز الصوديـوم وتركـيز الأمـلاح الكليـة في ميـاه الـري. ويبيّن الشكل (8 – 12) العلاقة بين SAR وتركيز الأملاح مقدرة بالميكرـموز/سـم حيث يصنف المخطط المياه إلى ستة عشر قسماً.

ويلاحظ من الشكل أن تأثير الصوديوم يتوقف على تركـيز الأمـلاح الكليّة، حيث يزداد أثر الصوديوم مع ازدياد تركيز الأملاح. فعند نسبة امتزاز الصوديـوم 7 وتوصيـل كهربـائي أقـل مـن 250 ميكروموز/سـم فـإن تأثـير الصوديـوم يكـون منخفضاً، وإذا إزداد التوصيل الكهربائي علـى 2250 ميكروموز/سـم يصبـح تأثير نسبة الصوديوم متوسطاً.

ويلاحظ من الشكل أن الـتركيز الكلـي للأمـلاح قـد قسّـم إلى أربعـة أقسـام وكذلك نسبة امتزاز الصوديوم إلى أربعة أقسام مما يعمـل علـى تشـكيل سـتة عشر قسماً من تداخل العاملين معاً.

ويُقسم تركيز الأملاح إلى الدرجات التالية :

1 – مـاء قليـل الملوحـة (C_1)، حيـث يقـلّ التوصيـل الكهربـائي عـن 250 ميكروموز/سم ويمكن استعماله في ري معظـم المحـاصيل المزروعـة في معظـم أنمـاط الترب.



شكل (8 – 12) مخطط لتصنيف مياه الري حسب مخبر الملوحة في الولايات المتحدة الأمريكية

2 ـ ماء متوسط الملوحة (C_2)، يتراوح التوصيل الكهربائي بين 250 ـ 750 ميكروموز/سم، ويمكن استعماله عندما يتوفر غسل الأملاح من التربة وعند زراعة نباتات متوسطة التحمل للملوحة.

3 ـ ماء عالي الملوحة (C_3)، يتراوح التوصيل الكهربائي بين 750 ـ 2250 ميكروموز/سم، ولا يمكن استعماله في تربة سيئة الصرف، وإذا توافر الصرف المناسب فيجب توافر عناية خاصة في إدارة التربة، كما يجب اختيار النباتات جيدة التحمّل للملوحة.

4 ـ ماء عالي الملوحة جداً (C_4)، يزيد التوصيل الكهربائي على 2250 ميكروموز/سم، وهو ماء غير مناسب للري تحت الظروف العادية، ويمكن استعماله أحياناً تحت ظروف خاصة، عندما تكون التربة جيدة النفاذية مع وجود صرف ملائم وتوافر كمية مياه الري تؤمن غسلاً جيداً للأملاح المتراكمة في التربة، وعندما تكون النباتات المزروعة شديدة التحمّل للملوحة.

ولقد قُسّم التأثير الضار للصوديوم إلى أربع درجات كما يلي :

1 ـ ماء قليل الصوديوم (S_1)، يقل رقم «SAR» عن 10، ويمكن استعمال هذا الماء لري جميع الترب مع احتمال خطر ضئيل من تكوّن مستوى ضار من الصوديوم الممتز، ودون خوف من زيادة الغضار الصودي. وتجدر الإشارة إلى أن بعض أشجار الفاكهة ذات النواة الحجرية قد تتأثر من تراكم الصوديوم نتيجة لاستخدام هذا النوع من المياه.

2 ـ ماء متوسط الصوديوم (S_2)،يتراوح الـ SAR بين 10 ـ 18، قد يؤدي استعمال هذا الماء في الترب الثقيلة إلى زيادة الغضار الصودي، وبخاصة تحت ظروف غسل غير كافية إذا لم يتوافر الجبس في التربة. وإن استعمال الجبس في هذه الحالة يخفف من أضرار استعمال هذا الماء. ويمكن استخدام هذا الماء في الترب خشنة النسيج أو الترب العضوية جيدة النفاذية.

3 ـ ماء عالي الصوديوم (S_3)، يتراوح الـ SAR بين 18 ـ 26، يؤدي استعماله إلى ارتفاع الغضار الصودي في معظم الترب، ويجب أن يكون الصرف جيداً مع استخدام الجبس والمادة العضوية.

4 ـ ماء عالي الصوديوم جداً (S_4)، يزيد فيه الـ SAR على 26، وهو غير مناسب للري إلا إذا كان التركيز الكلي للأملاح قليلاً أو متوسطاً و عند إضافة أو توافر الجبس أو المصلحات الأخرى.

جـ - كربونات الصوديوم المتبقية (RSC) Residual Sodium Carbonate:

تلعب الكربونات والبيكربونات هذه دوراً مهماً في إذابة كربونات الكالسيوم أو ترسبها. ويكون المغنزيوم أكثر ذوباناً من الكالسيوم ويحل في معقد الامتزاز بدلاً من الكالسيوم الذي يتفاعل مع البيكربونات ويترسب. وفي هذه الحالة تقل كمية الكالسيوم والمغنزيوم الذائبة في محلول التربة لتزداد نسبة SAR ويزداد ضرر الصوديوم.

تحسب كربونات الصوديوم المتبقية من المعادلة التالية :

$$RSC = (CO_3^{=} + HCO_3^{-}) - (Ca^{++} + Mg^{++})$$

وتُحسب المعطيات بالمليمكافئ/لتر.

ولقد قسّم ايتون Eaton عام 1950 المياه حسب مقدار كربونات الصوديوم المتبقية إلى ثلاثة أنواع هي :

1 - ماء غير صالح للري وهو الذي تزيد فيه RSC على 2,5 مليمكافئ/لتر.

2 - ماء متوسط الصلاحية للري وتتراوح فيه RSC بين 1,25 — 2,5 مليمكافئ/لتر.

3 - ماء صالح للري وهو الذي تقل فيه RSC عن 1,25 مليمكافئ/لتر.

د - البورون :

تختلف النباتات في درجة تحملها للبورون. ولقد قسمت النباتات في ثلاث مجموعات ، كما قسّم أثر البورون في خمسة مستويات وهذا ما يوضحه الجدول (8 - 13) عن سكوفيلد Scofield عام 1936 .

جدول (8 - 13) الحدود المسموح بها من البورون
جزء بالمليون (PPM) لعدة أقسام من مياه الري

المستويات	المحاصيل الحساسة	المحاصيل نصف المتحملة	المحاصيل المتحملة
1	0,33 >	0,67 >	1,00 >
2	0,67 - 0,33	1,33 - 0,67	2,00 - 1,00
3	1,00 - 0,67	2,00 - 1,33	3,00 - 2,00
4	1,25 - 1,00	2,50 - 2,00	3,75 - 3,00
5	1,25 <	2,50 <	3,75 <

ويقترح كوفدا تقسيم المياه حسب ملوحتها وامكان استخدامها في الزراعة حسب الجدول التالي (8-14):

جدول (8–14) تقسيم المياه حسب ملوحتها وامكان استخدامها في الزراعة (عن كوفدا 1984)

التركيز غ/ل	التسمية	امكان الاستخدام في الزراعة
1 - 0,5	عذبة قلوية (صودية)	في الري؛ اضافة المصلحات الكيميائية مرة كل 3 - 5 سنوات ؛ اجراء غسل مرة في السنة ؛ احتياجات الصرف 10 - 15٪ من التخصيص المائي.
1 - 05	عذبة سلفاتية	كالسابقة أيضاً، لا لزوم لاستخدام المصلحات الكيميائية.
2 - 1	خفيفة المعدنة أو الملوحة سلفاتية	الري ؛ ريات غسلية، غسل مرة في السنة، احتياجات الصرف 20 - 25٪ من التخصيص المائي.
3 - 2	ممعدنة ، سلفاتية كلوريدية	سقاية الحيوانات؛ الري الغسلي للترب الرملية الخفيفة والمنفذة، الغسل مرة في السنة، احتياجات الصرف 30 - 35٪ من التخصيص المائي.
5 - 3	مرتفعة المعدنة سلفاتية كلوريدية	سقاية الحيوانات؛ ويمكن استخدامها في الري في الظروف التالية: في الترب الحصوية، ريات غسلية للملوحة لمحاصيل المراعي والأعلاف ذات التحمل العالي للملوحة، احتياجات الصرف 30 - 60٪ من التخصيص المائي.
8 - 5	عالية المعدنة سلفاتية كلوريدية	يمكن ري الرمال وأشباهها وفقط النباتات عالية التحمل للملوحة والملحة Halophytes؛ ويجب الغسل الشديد مع كل ريّة، احتياجات الصرف 50 - 70٪ من التخصيص المائي. يمكن استخدامها لغسل الأملاح بشرط أن تُتبع بغسل بالماء العذب.
20 - 10	عالية المعدنة جداً كلوريدية سلفاتية	مسطحات مائية لتربة الأسماك وللطيور المائية، ري وزراعة القصب العلفي والتكنولوجي، زراعة النباتات الهالوفيتية.
50 - 20	محلول ملحي Brine, (Rassol) كلوريدي وكلوريدي سلفاتي	أحواض لتبخير المياه والحصول على مختلف الأملاح، والأوحال الطبيّة.

الفصل التاسع

محلول التربة

Soil Solution

تحمل الأمطار عند هطولها على التربة كميات محددة من المواد الذائبة بصورة غازات مثل NH_3، N_2، CO_2، O_2 أو مواد معلقة بصورة غبار مثل الأملاح وغيرها، وتتفاعل الرطوبة بشكل سريع ونشط مع الطور الصلب للتربة لتكوّن محلول التربة، لذا تعد الرطوبة في التربة محلولاً أرضياً أو محلول تربة عندما ينظر إليه من الناحية الكيميائية.

إن لمحلول التربة أهمية كبيرة في تكوين التربة وخصوبتها، فهو يشارك بفعالية كبيرة في عمليات التجرية والتركيب التي تتعرض لها المركبات المعدنية والعضوية، ومن خلال ذلك يتم احتلاط مختلف نواتج عمليات تكوين التربة وانتشارها في مقطعها.

ولا شك بأن أعظم دور يلعبه محلول التربة هو تغذية النباتات بما يحويه من عناصر مغذية متنوعة، ولا عجب أن يُشبّه محلول التربة فيها بالدم بالنسبة للأحياء ذات الدم.

لكل ما تقدم تُعدّ دراسة محلول التربة لمعرفة تركيبه وخواصه وتحركاته في التربة في غاية الأهمية.

طرائق الحصول على محلول التربة :

تنتشر طرائق متنوعة للحصول على محلول التربة تختلف في تقاناتها ومزايا كل منها وعيوبه، ومن تلك الطرائق نذكر ما يلي :

1 ـ طريقة التفريغ :

تُجرى هذه الطريقة تحت التفريغ أو ضغط سالب مقداره $^1/_3$ جواً، إذ توضع عينة التربة فوق قرص مسامي وتُجرى عملية التفريغ.

2 ـ طريقة الضغط :

وتُستعمل لهذه الغاية مكابس خاصة، إذ توضع عينة التربة فوق قرص مسامي أو أغشية من السيلوفان المنفذة ذات مسام دقيقة جداً داخل حجرة من الصلب، ويمكن رفع الضغط في هذه الحالة إلى 200 جوّ، غير أن الضغط المستخدم في أغلب الأحيان هو 15 جواً وهو الضغط اللازم للحصول على الماء الذي يزيد على معامل الذبول.

3 ـ طريقة الطرد المركزي :

تُستخدم هذه الطريقة في العينات عالية الرطوبة القريبة من السعة الحقلية وتكون سرعة الدوران عادة نحو 500 دورة/دقيقة.

4 ـ طريقة الإزاحة بسائل آخر :

إن إضافة أي سائل إلى تربة رطبة ومضغوطة جيداً ستعمل على إزاحة محلول التربة، ويُعدّ الكحول أكثر السوائل استعمالاً يشاركه في ذلك بعض المحاليل العضوية وقد تكون ملوّنة أو تحوي عناصر مشعة لمعرفة تقدم الإزاحة أو الإمتزاج. وغالباً لا يختلط السائل مع المحلول الذي استخدم إلا إذا وجدت في عينة التربة شقوق كبيرة تودي إلى عدم انتظام تقدم السائل بصورة جبهوية.

ويجب في هذه الطريقة خلط التربة إن كانت طينية ثقيلة مع رمل سيليسي نظيف لتسهيل عملية الرشح.

تتعلق كمية محلول التربة المستخلصة بمقدرة التربة في تثبيت الماء وبدرجة رطوبتها، وفي كل الأحوال ستبقى نسبة ما من الرطوبة في التربة لا يمكن استخلاصها.

تنحصر أهمية استعمال هذه الطرائق بإمكان الحصول على اخلول من الترب الرطبة وهذا ما يميّز الترب أثناء موسم النمو النباتي. ومن عيوب هذه الطرائق حدوث بعض التغير في توازن الكربونات وكذلك تغير جهد الأكسدة والإرجاع في محلول التربة عند استخلاصه.

5 ـ طريقة الليزيمتر Lysimeter أو المِحْلل (جمعها محالل) :

تستخدم هذه الطريقة بشكل واسع في علم التربة لدراسة حركة محاليل التربة خلال مقطعها، والليزيمتر هو جهاز خاص يمكّن من الحصول على الماء الراشح في التربة إذ يجمع في أوعية خاصة، ويكون الليزيمتر عادة معدنياً وقد يصنع من مواد أخرى.

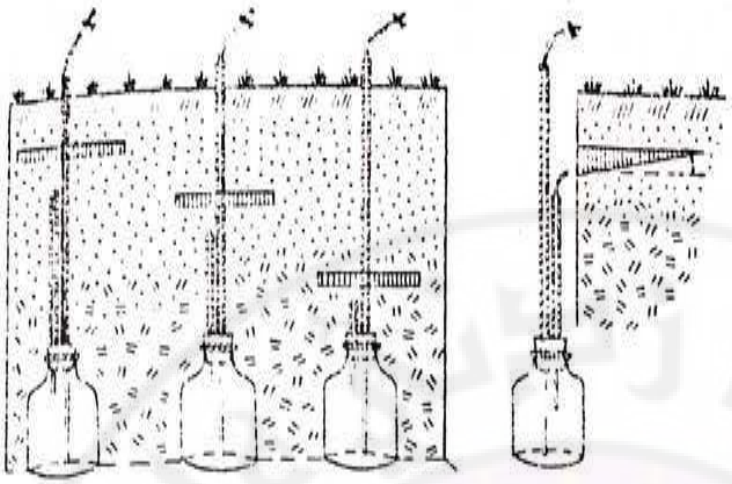
وتوجد أنواع وأشكال عديدة من الليزيمترات أهمها :

1 ـ ليزيمترات مقطع تربة كامل أو مسلّة Monolith.

2 ـ ليزيمترات معبأة بتربة مهدمة وتكون ثابتة أو متحركة.

3 ـ ليزيمترات الأقماع أو الأصص وتوضع عادة في التربة تحت طبقة معينة.

4 ـ ليزيمترات صفيحية وغيرها شكل (9 – 1).



شكل (9 – 1) وضع الليزيمترات الصفيحية في التربة

ويمكن تقسيم الليزيمترات إلى ثابتة ومتحركة، وتمكّن جميعها من الحصول على محلول التربة عند وجود حركة للماء إلى الأسفل، ويستحسن أن يترافق استخدام الليزيمترات مع الطرائق الأخرى للحصول على محلول الترب. ويمكن أخذ فكرة أولية والحكم بصورة غير مباشرة على خصائص محلول التربة من خلال نتائج تحليل المستخلصات المائية للتربة، رغم وجود فروق عديدة بين المستخلص المائي للتربة ومحلول التربة نظراً لاختلاف تركيز كل منهما.

ويبيّن الجدول (9 – 1) تركيب مياه الليزيمترات في الترب الكستنائية الفاتحة والمقلونة عند الري بمقنين مائيين الأول 2500 والثاني 1500 م^3/هـ. كما يبيّن الجدول (9 – 2) مقارنة بين ورود العناصر إلى التربة مع مياه الري وغسلها مع مياه الصرف (الليزيمترات). استعملت ليزيمترات صفيحية بأربعة مكررات وضعت على عمقين 30 سم و 75 سم داخل التربة.

وتجدر الإشارة إلى أنه يمكن قياس بعض خصائص محلول التربة في الحقل مباشرة دون فصل المحلول عن التربة كقياس رقم الحموضة والناقلية الكهربائية وجهد الأكسدة والإرجاع إضافة إلى تحديد عدد كبير من الشوارد في محلول التربة باستخدام طرائق قياس فرق الجهد أو قياس التشرد.

ومن أهم الخصائص التي يجب تحديدها في محلول التربة هي تركيبه وتركيزه ورقم حموضته وضغطه الحلولي وحالة الأكسدة والإرجاع فيه.

تركيب محلول التربة وتركيزه :

بما أن محلول التربة يقع في تماس مباشر مع أطوار التربة الأخرى الصلبة والسائلة والغازية والحيّة لذا فإنه يكون في تفاعل مستمر مع تلك الأطوار، ويعد تركيبه وتركيزه محصلة لسائر العمليات الحيوية والكيميائية الفيزيائية والكيميائية والطبيعية التي تؤثر في هذا التفاعل والتبادل المستمر, وتتعرض سرعة العمليات المذكورة واتجاهها لتغيرات فصيلة كبيرة لارتباطها بالعوامل الجوية من جهة وبموسم النمو النباتي ونشاط الأحياء من جهة أخرى، لهذا يتغير تركيب محلول التربة وتركيزه بصورة كبيرة.

يتراوح تركيز محلول التربة عادة بين بضعة سنتغرامات وبضعة غرامات في اللتر، ويرتبط تركيزه في التربة الواحدة بنسبة رطوبة التربة إذ يقل مع ازدياد الرطوبة. إلا أن تركيز المحلول في الترب المالحة يكون عالياً حيث يبلغ عشرات وحتى مئات الغرامات في اللتر.

يحتوي محلول التربة على سائر المواد الموجودة في التربة والقابلة للذوبان لذلك فهو يضم مركبات معدنية ومعدنية عضوية وعضوية بصورة متشردة أو بصورة مركبات غروية ذائبة، كما يحتوي إضافة إلى ذلك على بعض الغازات المنحلة مثل (O_2 , CO_2) وغيرها.

وقد تحتوي محاليل الترب الحامضية على (Fe^{3+} , Al^{3+}) أما في الترب المستنقعية فيتواجد (Fe^{2+}).

ويتواجد الحديد والألمنيوم وكثير من العناصر الصغرى في محلول التربة متحدة غالباً مع المركبات العضوية، كما يضم محلول التربة مخلفات المواد العضوية المنحلة في الماء ونواتج تحللها إضافة إلى منتجات النشاط الحيوي للنباتات والأحياء الدقيقة وكذلك الأحماض الدبالية.

أما المركبات المعدنية العضوية فهي نواتج تفاعل الأحماض العضوية مع الكاتيونات عديدة التكافؤ كالحديد والألمنيوم.

لدراسة حركية الأملاح في التربة كمياً استخدمت الليزيمترات المسلاّت Monolith إذ تمّ أخذ ثلاثة أزواج من الليزيمترات الأسطوانية يتألف كل زوج من ليزيمتر قصير ارتفاعه 40 سم (M) وآخر طويل ارتفاعه 80 سم (b) ومقطعها 500 سم^2، يحوي عمود تربة كامل، مسلّة Monolith، وأخذ الزوج الأول (b_3 M_2) من الترب الكستنائية الفاتحة، والزوجان الآخران (b_1 M_1 . b_2 M_2) من الترب القلوية (السولونتس)، وتمّ غسل المسلاّت أو الأعمدة، بمقنن مائي يبلغ 6000 م^3/هـ، وتمّ قياس الخصائص المائية للترب، توصيل، نفاذية ورشح، كما استقبل كل لتر من مياه الليزيمتر (الصرف) على حده، وجرى تحليل كيميائي للتر الأول والثاني والأخير والمزيج (المتوسط) لدراسة حركية الأملاح مع تحديد تركيب مياه الري المستخدمة.

تُبيّن النتائج في الجدول (9 – 3) أن تركيز الأملاح الذوّابة في مياه الليزيمترات القصيرة (40 سم) أقل من تركيزها في الليزيمترات الطويلة (80 سم). وتُجدر الإشارة إلى أن تركيز الأملاح في مياه الليزيمترات القصيرة للتربة الكستنائية الفاتحة لا يختلف عن مثيله بالنسبة لمياه ليزيمترات ترب السولونتس. لأن تركيز الأملاح متماثل تقريباً في الآفاق السطحية لكلتا التربتين، لكن هذه القاعدة لا تنطبق على مياه الليزيمترات الطويلة، إذ يلاحظ أعلى تركيز للأملاح في مياه ليزيمترات الترب القلوية وبخاصة اللترات الأولى، رغم أن التركيز في مجمل مياه الليزيمترات هذه يبقى أعلى من تركيز مياه الري مما يعني غسل الأملاح من الترب القلوية باستخدام مياه الري المذكورة وبالمقنن المحدد.

الفصل العاشر

ترب الاستصلاح وموقعها في التصنيف

المسارات الرئيسة لعملية تكوين التربة (أنماط تكوين التربة) :

لقد حدد غيراسيموف وغلازوفسكايا منذ عام 1960 عشرة مسارات رئيسة لتكوين الترب جمعاها في ثلاث مجموعات استناداً إلى الظواهر البيوفيزياكيميائية السائدة سميت العمليات الأولية أو البسيطة Elementary processes وهي :

I ـ العمليات الأولية التي تلعب فيها تحولات الجزء المعدني للتربة الدور الرئيس :

1 ـ التكوين الأولي أو البدائي للتربة Primary Soil Formation.

2 ـ تكوين الغضار أو العملية السياليتية Claying.

3 ـ القرمدة Laterization أو الأللتية Allitization.

II ـ العمليات التي تلعب فيها تحولات الجزء العضوي للتربة الدور الرئيس:

4 ـ تجمّع الدبال Humus accumulation.

5 ـ تجمّع الخث peat accumulation.

III ـ العمليات التي تلعب فيها تحولات وتحركات النواتج المعدنية والعضوية الدور الرئيس في عملية تكوين التربة :

6 ـ التملُّح Salinization.

7 ـ التحلية (إزالة الملوحة) أو القلونة والسولودية Desalinization.

8 ـ تكوين الوحل أو التوحُّل Gleyification.

9 ـ غسل القواعد أو البدزلة الكاذبة

Leaching (Lessivage) or Pseudopodzolization

10 ـ البدزلة Podozolization.

وتجدر الإشارة إلى أن كل واحدة من العمليات السابقة معقدة وتحتوي على العديد من العمليات الجزئية الأكثر بساطة.

العشائر (التجمعات) البيوجيوكيميائية والهيدروجيوكيميائية للترب:

تتلخص عملية تكوين التربة بالتفاعل ما بين الجزء المعدني من التربة مع الأحياء ونواتج تفسخها وتمعدنها وتدبلّها. ويشكل الجزء المعدني مصدراً للقواعد التي تتفاعل مع المركبات الحمضية الناتجة عن تفسخ الجزء العضوي.

واستناداً إلى تركيب ونسبة المركبات التي تشارك في تلك التفاعلات تظهر في التربة ظروف وسط محدّدة من الحموضة أو القلوية حيث تحدد بدورها درجة حركة أو ثبات المركبات المعدنية أو المعدنية العضوية أو العضوية في التربة.

ففي الترب تحت الهوائية (اللامائية أو الذاتية) Subaerial يتم التفاعل بين المركبات المعدنية والعضوية بوجود الرطوبة الجوية والعناصر الكيميائية الناتجة عن الدورة الحيوية للمواد ومن الغلاف الجوي. ويتم انتقال نواتج عملية تكوين التربة خلال مقطعها أو خارج حدوده، ولا تشارك المياه الجوفية في ذلك.

أما في الترب المائية aqual وفوق المائية superaqual فإنه بالإضافة إلى المواد السابقة تدخل مواد من المياه الأرضية أو الجوفية. واستناداً إلى النسبة بين حلول العناصر وغسلها تتغير طبيعة التفاعلات بين المكوّنات المعدنية والعضوية في التربة ومنه يتغير المسار العام لعملية تكوين التربة.

وفي الترب المائية ـ بمختلف أنواعها ـ فإنه بالإضافة إلى سيادة عمليات الإرجاع الدائم أو المؤقت فإن التفاعل بين المواد المعدنية والعضوية يجري بمشاركة الماء السطحي أو الأرضي.

واعتماداً على اقران خاصتين هما تفاعل الوسط ووجود ومستوى توضع أفق ماء الجاذبية وما يتعلق به من عمليات أكسدة وإرجاع حددت غلازوفسكايا عام 1972 احدى عشرة عشيرة (تجمعاً) جيوكيميائية لترب العالم كما هو واضح من الجدول التالي :

جدول (10 – 1) العشائر الجيوكيميائية لترب العالم حسب (Glazovskaya)

نظام الأكسدة ـ الإرجاع، أفق ماء الجاذبية تفاعل التربة	غالباً أكسدة (Subaerial) لا وجود لأفق ماء الجاذبية	أكسدة ـ إرجاع (Superaqual) يتوضع أفق ماء الجاذبية في الجزء السفلي من المقطع	إرجاع (aqual) يشغل أفق ماء الجاذبية معظم المقطع
حامضي في المقطع بأكمله	1 ـ حامضية أو لماتية ـ فولفاتية	2 ـ حامضية هيوماتية أولماتية ـ فولفاتية موحلة	3 ـ حامضية مستنقعية
حامضي في الأجزاء العلوية من المقطع، خفيف القلوية في الأجزاء السفلية من المقطع	4 ـ حامضية ـ قلوية هيوماتية ـ فولفاتية	5 ـ حامضية ـ قلوية موحلة	–
قريب من المتعادل في الجزء العلوي وقلوي في الجزء السفلي من المقطع	6 ـ متعادلة ـ قلوية هيوماتية	7 ـ خفيفة القلوية موحلة	8 ـ خفيفة القلوية مستنقعية
قلوي في المقطع بأكمله	9 ـ قلوية ـ فولفاتية فحماتية	10 ـ قلوية (ماحلة) موحلة	11 ـ قلوية (ماحلة) مستنقعية

ويلاحظ من الجدول السابق أن عشيرة واحدة فقط هي متعادلة ولا تتأثر بدرجة ملحوظة بالحموضة أو القلونة والتملح أو المستنقعية بينما تتصف العشائر العشر الأخرى بحموضتها أو قلويتها أو تملحها وتنقّعها.

لذا نجد أن هذه الترب واسعة الإنتشار وتغطي نسبة عظيمة من مساحة الترب في العالم في مختلف المناخات، حيث تنتشر الترب المالحة في المناخات الجافة بصورة عامة، بينما تنتشر الترب الحامضية في المناخات المطيرة عموماً.

صفوف وفصائل ترب العالم

تعد العشائر (التجمعات) الجيوكيميائية أكبر الوحدات التصنيفية للترب في العالم متطابقة مع المسارات الرئيسة لتكوين الترب. غير أن الترب التي تقع ضمن عشيرة واحدة - ورغم ملامح تشابهها - فإنها تختلف فيما بينها مما يؤدي إلى تقسيم العشيرة إلى عدد من الصفوف أو الأنسال (Generations) التي تقسم بدورها إلى فصائل.

عند تحديد صفوف الترب لا ينظر إلى ظروف الأكسدة والإرجاع وتفاعل الوسط فحسب وإنما ينظر أيضاً إلى نواتج عملية تكوين التربة بالتفصيل. ومن المعروف أن تفاعل المواد العضوية مع المواد المعدنية في التربة يؤدي إلى :

1 - تجمّع المواد العضوية في التربة.

2 - تحوّل وتغيّر الجزء المعدني للتربة نتيجة للتجوية البيوكيميائية الداخلية وتكوين المعادن الثانوية.

3 - انتقال وتوزّع نواتج التكوين العضوية والمعدنية والمعدنية العضوية في مقطع التربة أو خارج حدودها.

وتجرى العمليات الأولية السابقة جميعها في كل تربة وإنما بدرجات متباينة، حتى ضمن العشيرة الواحدة. ففي الحالة الأولى يمكن أن تتجمع المواد العضوية بدرجة كبيرة مع ضعف في عملية تكوين المعادن الثانوية ودون أن يحدث تمايز كبير في مقطع التربة من حيث تركيب المواد المعدنية والعضوية المعدنية. وفي الحالة الثانية ينعدم تجمع الدبال وينشط التفاعل بين المواد العضوية والمعدنية دون تمايز المقطع من حيث تركيبه الكيميائي والميكانيكي، وفي الحالة الثالثة تترك عمليتا تكوين المعادن الثانوية والدبال مكاناً لعمليات الغسل والترسيب ليتمايز المقطع بشكل واضح.

إن النسبة ما بين تلك العمليات تنعكس على بناء مقطع التربة مما يسمح بضمّ التربة إلى هذا الصف أو ذاك.

تضم العشائر الجيوكيميائية 27 صفاً وهذه تضم 38 فصيلة كما هو واضح من الجدول (10 – 2).

تُقسم ترب الصف إلى فصائل تمثل كل منها نمطاً من أنماط تكوين التربة، وتتصف ترب الفصيلة الواحدة ببناء محدد لمقطعها بالإضافة إلى تشابه نوعية نواتج عملية تكوين التربة.

جدول (10 – 2) العشائر والصفوف والفصائل الجيوكيميائية للترب

العشائر Associations	الصفوف Generations	الفصائل Families
1 ـ حامضية تحت هوائية subaerial	حامضية دبالية	1 ـ حامضية عشبية 2 ـ الوموحديدية دبالية 3 ـ اللوفانية دبالية على الرماد البركاني
	حامضية مكونة للطين (متغضّرة)	1 ـ ترب بنية 2 ـ فولفوفيريتية
	حامضية غسلية ـ ترسيبية	1 ـ بودزول دبالية ألوموحديدية 2 ـ ترب بودزولية مغسولة

الفصل الحادي عشر

الترب الحامضية واستصلاحها

الترب الحامضية في مناطق المروج الغابية والغابات :

عمليات تكوين الترب :

تؤثر في تكوين هذه الترب عمليتان هما التكوين البودزولي Podzolization الذي يعمل على نشوء الترب الحامضية والتكوين العشبي Soddy Formation. وتحدث العملية الأولى بفعل الأشجار الغابية، أما الثانية فتحت تأثير النباتات العشبية، وقد تترافق هاتان العمليتان مع ثالثة هي التكوين المستنقعي.

تبين الخريطة (11 – 1) توزع البودزول في العالم .

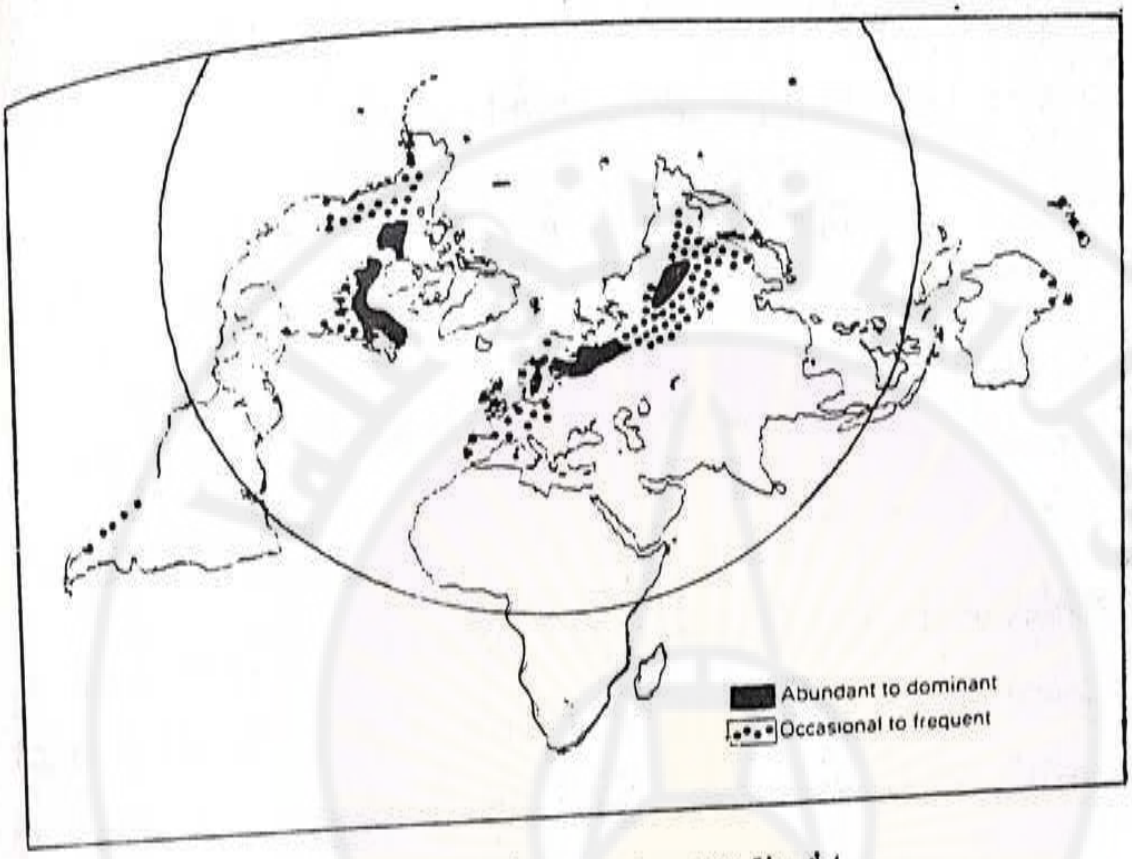
عملية تكوين البودزول :

البودزول كلمة روسية تستعمل في مختلف اللغات تتألف من شقّين هما :

(Pod) تعني تحت و (Zola) تعني رماداً.

تحدث عملية البودزول تحت غطاء من الغابات المكونة من الصنوبر والشوح مع مشاركة غطاء من الطحالب والحزاز وفي تربة غدقة لمدة طويلة .

ومن أهم مميزات الترب البودزولية وجود طبقة قليلة الخصوبة مبيضة أو رمادية فاتحة اللون تشبه الرماد، حموضتها عالية، فقيرة بالمواد الغذائية ذات خواص فيزيائية سيئة من الوجهة الزراعية.



الخريطة (11 – 1) توزع البودزول في العالم

تتوضع هذه الطبقة تحت سطح التربة على عمق غير كبير مشكلة أفق البودزول. ويزداد وضوح هذه العملية عندما يكون الغطاء الغابي كثيفاً حيث لا يسمح لنمو غطاء عشبي، لأن من مميزات تكوين البودزول أيضاً عدم وجود الغطاء العشبي، ويتغطى سطح التربة بطبقة من المخلفات الغابية الميتة.

أما فرضيات تكوين البودزول فهي متعددة، ولقد تطورت مع تقدم الزمن، ويمكن إيجازها حسب المعطيات العلمية الحديثة بما يلي :

تعمل الرطوبة الزائدة في التربة على غسل الأملاح من التربة إلى الأعماق بدءاً بسهلة الذوبان وانتهاءاً بصعبة الذوبان مثل كربونات الكالسيوم والمغنزيوم التي

تلعب دوراً مهماً في تكوين الترب. كذلك تساعد الرطوبة على تحلل المواد العضوية لتعطي بالدرجة الأولى حموض الفولفيك وحموض عضوية ذات أوزان جزيئية منخفضة.

يجري تفسخ المخلفات العضوية بمشاركة الفطور والبكتريا في البداية ومع ازدياد الحموضة ينحصر العمل بالفطور بشكل رئيس. ويتعادل قسم من الحموض المتكونة عن التفسخ مع القواعد الناتجة عن تمعدن الفرشة الغابية، أما القسم الأعظم فيتسرب مع المياه إلى داخل التربة متفاعلاً مع مركباتها المعدنية، إضافة إلى ذلك فإن الحموض الناتجة عن النشاط الحيوي تساعد على زيادة الحموضة وعلى عمليات الإذابة. ونتيجة للنظام المائي الغسلي ولتاثير الحموض تغسل المركبات من الآفاق السطحية للتربة تدريجياً، ومع تقدم هذه العملية تتعرض المعادن الأولية والثانوية للتخريب بفعل الحموض ونشاط الميكروفلورة وجذور النباتات.

يفقد معقد امتزاز التربة ثباته ضد فعل الماء المخرِّب نتيجة لتشبعه بهيدروجين الحموض العضوية، وتفقد التربة بنيتها الفتاتية وتتفرق أو تتبعثر وتنتقل الغرويات المعدنية والعضوية إلى الأسفل، لذلك تترافق عملية البودزول مع هجرة الغضار إلى الأسفل، وتتخرب سيليكات الحديد والألمنيوم معطية أكاسيد مائية بشكل مركبات حرة أو معلقات دقيقة تغسل إلى الأسفل بشكل جزئي مع المحلول الترابي. ويؤدي تشبع التربة بالماء إلى سيادة العمليات اللاهوائية وإرجاع الحديد والمنغنير وتحويلها إلى حالة ذائبة وغسلها إلى الطبقات السفلى، ومع غسل وإزاحة الغرويات العضوية والمعدنية من الآفاق السطحية يزداد المحتوى النسبي للكوارتز ويكون بشكل مسحوق ناعم يعطي الطبقة السطحية للتربة اللون الرمادي الفاتح أو المبيض الذي يشبه الرماد تماماً.

عند انتقال الغرويات المنحلة والأكاسيد المائية للحديد والألمنيوم والمواد الدبالية والمعلقات الطينية إلى الأسفل فإنها تترسب (تتخثر) وتتوضع بشكل جزئي

أو كلّي على عمق معين في التربة مشكلة أفق الترسيب (illuvial horizon) حيث تتجمع فيه أكاسيد الحديد والألمنيوم وأحياناً الكالسيوم والمغنزيوم، وكذلك المواد العضوية، ويصبح غامقاً غنياً بالطين وقد يغسل قسم من المواد خارج التربة.

أهم خواص أفق البودزول A_2 ما يلي :

1 - يتحول لون الأفق من الأحمر البني أو القرفي إلى الرمادي الفاتح أو المبيض الذي يشبه لون رماد الفرن.

2 - فقير بالمواد المغذية والأكاسيد نصف الثلاثية ومجموعة الغضار.

3 - تفاعل الوسط شديد الحموضة.

4 - عند تكوّن الأفق البودزولي على ترب طميّية أو طينية تصبح صفيحية ورقية البنية أو عديمتها.

تلعب كربونات الصخور الأم دوراً مهماً في اضعاف عملية البدزلة لأنها تعدّل الحموض العضوية. وتؤثر تضاريس المنطقة بشكل كبير في تكوين البودزول، فالمنبسطة تزيدها والسفوح أو المنحدرات تضعفها نتيجة لتأثيرها في درجة تسرب الماء إلى داخل التربة، كما يلعب نوع الغطاء النباتي دوره أيضاً، فالشوح يشجع العملية أكثر من الصنوبر، والصنوبريات أكثر فعالية من بقية الأشجار الحراجية.

تصلح الأراضي البودزولية لإنتاج الغابات بشكل جيد، لكن استعمالها في الزراعة يحتاج إلى عمليات استصلاح عديدة ستذكر لاحقاً.

يبين الشكل (11 - 1) معطيات عامة عن البودزول.

تشخيص وتصنيف الترب البودزولية

الأراضي البودزولية النموذجية :

يتألف مقطعها من الآفاق التالية :

– الأفق (A_0) : الفرشة الغابية عمقها 2 ـ 10 ، ويُرمز له أحياناً بالرمز O1 أو O2.

– الأفق (A_0 A_1) : أفق دبالي سيء الوضوح وهو خشن عمقه 1 ـ 3 سم.

– الأفق (A_1 A_2) : أفق دبال فولفي مغسول من الفرشة الغابية عمقه 3 ـ 5 سم.

– الأفق (A_2) : بودزولي أو مغسول ويختلف عمقه حسب درجة البذلة ويتراوح بحدود 15 سم، ويرمز له في بعض المدارس بالحرف E.

– الأفق (B) : أفق الترسيب.

– الأفق (C) : المواد الأم.

وقد يحتوي المقطع على آفاق انتقالية مثل (A_2 B) أو (BC)، كما أن الأفق (B) قد يقسم إلى تحت آفاق (B_1 , B_2).

يتراوح عمق المقطع بين 100 ـ 120 سم وتكون الآفاق العليا شديدة الحموضة.

ويوضح الشكل (11 – 2) بناء مقطع البودزول. كما توضّح الصور الملونة ذلك.

الترب الموحلة البودزولية :

تتصف بخواص من الترب البودزولية بالإضافة إلى عملية التوحّل (Gleyfication) في الطبقة السطحية من مقطعها وكذلك تكوين الفرشة الخثيّة، ويرجع هذا لزيادة الرطوبة وسيادة الظروف اللاهوائية في التربة.

ولترب البودزول عدة فصائل (Roadi) هي :

1 ـ **عادية** : تظهر فيها الخصائص البودزولية بوضوح.

2 ـ **فحماتية متبقّية** : تتكون على الصخور الكلسية في الأفق (B) أو (C).

3 ـ **موحلة ـ تماسية** : تتكون على الصخور ثنائية الطبقات.

4 ـ **حديدية ترسيبيّة** : تتكون على الصخور الرملية، حيث يكون لون الأفق (B) أحمر مصفراً ناتجاً عن تراكم الحديد غير السيليكاتي.

5 ـ **دبالية ترسيبية** : تتكون على الصخور الرملية، يكون الجزء الأعلى من الأفق (B) بنياً أو بنياً غامقاً وأحياناً أسود نتيجة لوجود المركبات المعدنية العضوية.

6 ـ **ضعيفة التمايز** : تتوضع على الرمال المفككة مع ضعف ظهور العلامات المميزة للبدزلة.

تصنف فصائل الترب البودزولية إلى سلاسل (Veedi) استناداً إلى :

1 ـ **درجة البودزول** : ضعيفة، متوسطة، شديدة.

2 ـ **عمق البودزول** : بودزولية سطحية حتى 5 سم، ضحلة حتى 20 سم، غير عميقة حتى 30 سم، وعميقة أكثر من 30 سم.

ويمكن لعملية البودزول أن تظهر في ترب عديدة وهي تختلف حسب المناخ والغطاء النباتي ولكن الأعراض قد تختلف بشكل جزئي ومنه يمكن تمييز ما يلي :

1 ـ ترب البودزول النموذجية.

2 ـ الترب البودزولية البنية.

3 ـ الترب البودزولية الرمادية.

4 ـ الترب البودزولية البنية الرمادية.

5 ـ قد تظهر البدزلة في التشرنوزوم.

6 ـ قد تظهر البدزلة في الأراضي الحمراء والصفراء وذلك في المناخات الأكثر دفئاً.

وتبين الخريطة (11 – 2) توزع ترب الفيرالسول Ferralsols والـ Acrisol، وهما ترب حامضية. كما يبين الشكل (11 – 3) أهم خصائص الترب الأولى.

الترب العشبية البودزولية :

وهي الترب الناتجة عن عمليتي التكوين البودزولي والتكوين العشبي بمشاركة الغطائين الغابي والعشبي إذ يحتوي مقطع التربة على أفق عشبي وآخر بودزولي. ويكون الأفق الدبالي (A_1) أقل عمقاً مما هو في الترب العشبية وأكثر عمقاً مما هو في البودزولية وعلى العكس بالنسبة للأفق البودزولي (A_2) أي أن هذه الترب تجمع بين صفات التربتين السابقتين. وقد تتكون آفاق الوحل في هذه الترب.

الترب المستنقعية البودزولية :

تتكوَّن نتيجة لعمليتي التكوين البودزولي والمستنقعي إذ تجري عند التشبع الدوري للتربة بالماء.

وهي من الترب نصف المائية، يتراوح (pH) المستخلص الملحي لها بين 3 – 4، كما يكون أفقها البودزولي غنياً بأكاسيد السيلسيوم وفقيراً بالأكاسيد نصف الثلاثية، أما في آفاق الوحل فتتجمع الأشكال المتحركة من الحديد. وتتميّز هذه الترب باحتوائها على أفق الوحل وبتجمع الخث على سطحها لارتفاع يتراوح بين 10 – 40 سم.

استصلاح الترب الحامضية

تتصف الترب الحامضية كما يدلُّ على ذلك اسمها بارتفاع تركيز شوارد الهيدروجين فيها، سواءً في محلولها أو في معقد امتزازها، كما يرتفع فيها محتوى شوارد الألمنيوم، وترتبط وفرة الهيدروجين هذه مع زيادة الهطل وارتفاع نسبة الحموض الناتجة عن تفسخ المخلفات النباتية.

وبما أن الهيدروجين يحتل في هذه الترب نسبة قد تكون كبيرة في معقد الامتزاز فإن هذا يعمل على افقار المعقّد بالقواعد والقواعد الترابية وعناصر التغذية النباتية الرئيسة التي تضم الكالسيوم والمغنزيوم و البوتاسيوم.

كما أن رقم الحموضة المنخفض أو الحموضة الشديدة تؤثر بصورة مباشرة في حياة ونشاط الأحياء الراقية والأولية.

يتلخص المبدأ الرئيس لاستصلاح الترب الحامضية بازاحة الهيدروجين من معقد الامتزاز واحلال الكالسيوم مكانه، وبذلك ترتفع نسبة التشبع بالقواعد ويتوافر الكالسيوم العنصر الغذائي المهم ويتعادل رقم حموضة التربة وينخفض تركيز بعض العناصر الصغرى الذائبة التي قد تتواجد بنسبة عالية في الظروف الحامضية، كما تتحسن الخصائص الفيزيائية للتربة وبخاصة البنية وما يتعلق بها من تحسّن الخصائص المائية والهوائية وبالتالي الغذائية للتربة، ويرتبط كل هذا كما أشرنا إلى اضافة الكالسيوم المصلح الرئيس لكل من الترب الحامضية والترب القلوية على حدٍ سواء، إلا أن كربونات الكالسيوم (الجير) هي المصلح الرئيس للترب الحامضية، بينما تكون كبريتات الكالسيوم (الجبس) المصلح الرئيس للترب القلوية.

تختلف كمية الجير اللازمة لاستصلاح الترب الحامضية حسب درجة حموضة تلك التربة أو تركيز الهيدروجين فيها وبخاصة الممتز منه. ويمكن تحديد كمية الجير اللازمة استناداً إلى رقم حموضة التربة الملحي pH_{kcl} أو استناداً إلى عدد مليمكافئات الحموضة الهيدروليتية الناتجة عن معاملة التربة بمحلول لملح قلوي هو خلات الصوديوم. وتختلف احتياجات الترب الحامضية للجير أو الكلس حسب تركيبها الميكانيكي.

تحديد كمية الكلس (كربونات الكالسيوم) اللازمة لاستصلاح الترب الحامضية:

تقسم الترب استناداً إلى رقم حموضتها pH في المستخلصات أو المعلقات الملحية إلى درجات تتناسب مع احتياجاتها لاضافة الكلس (كربونات الكالسيوم) وذلك حسب الجدول (11 – 1) التالي:

جدول (11 – 1) العلاقة بين الـ pH والحاجة إلى الكلس

قيمة الـ pH الملحي	الحاجة إلى الكلس (كربونات الكالسيوم)
I 4,5 أو أقل	شديدة
II 4,5 – 5	متوسطة
III 5 – 5,5	ضعيفة
IV أكثر من 5,5	معدومة

وفي الظروف الانتاجية يمكن الاعتماد على الجدول (11 – 2) التالي لتحديد كمية الجير بعد معرفة pH المستخلصات أو المعلقات الملحية للتربة وكذلك تركيب التربة الميكانيكي.

جدو ل(11 – 2) مقنن الجير طناً/هـ وعلاقته بالـ pH الملحي

(عندما تكون نسبة الدبال أقل من 3٪)

الترب الميكانيكي للتربة	pH المستخلصات الملحية أو المعلقات					
	4,5 أو أقل	4,6	4,8	5,0	5,2	5,5-5,4
شبه رملي أو شبه طيني خفيف	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5
شبه طيني متوسط	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5
شبه طيني ثقيل	8,0	7,5	6,5	5,5	5,0	4,5

لقد تمَّ حساب معطيات الجدول السابق استناداً إلى الـ pH الملائم لمعظم المحاصيل النباتية وهو يتراوح بين 5,6 – 5,8 للمستخلصات الملحية و 6,0 – 6,5 للمعلقات المائية وهذا يطابق $^3/_4$ الحموضة الهيدروليتية في الترب البودزولية.

وإذا أردنا حساب مقنن الكلس أو الجير بدقة أكبر، فيجب تحديد الحموضة الهيدروليتية وكمية الكلس اللازمة لمعادلتها بشكل تام.

ويتم ذلك من تحديد محتوى هيدروجين الحموضة الهيدروليتية الناتجة عن معاملة التربة بمحلول لملح خلات الصوديوم، ومعايرة حمض الخل الناتج، ويُجرى التحديد عادة على عينات من الأفق السطحي، ويتم الحساب وفق المعادلة التالية:

$$Ca\ CO_3\ t/_{ha} = 0{,}050 \cdot H \cdot L \cdot D$$

حيث : 0,050 : وزن الملي مكافئ $Ca\ CO_3$ مقدراً بالغرام.

H – عدد ملي مكافئات هيدروجين الحموضة الهيدروليتية في 100 غرام تربة.

L – عمق طبقة الحراثة وتُعدُّ هنا 20 سم.

D – الكثافة الظاهرية أو الوزن الحجمي للتربة غ/سم^3.

وتنحل كربونات الكالسيوم في الوسط الحامضي مكونة بيكربونات الكالسيوم حسب المعادلة التالية :

$$Ca\,CO_3 + H_2CO_3 \rightarrow Ca\,(HCO_3)_2$$

ويتم تفاعل تبادلي بين الكالسيوم المتحرر أو الذائب من بيكربونات الكالسيوم والهيدروجين الممتز على سطوح الغرويات وذلك حسب المعادلة التالية :

$$\text{تربة})\,= 2H + Ca\,(HCO_3)_2 \rightarrow \text{تربة})\,= Ca + H_2CO_3$$

وهنا يشغل الكالسيوم المواقع التي كان يشغلها الهيدروجين في معقد امتزاز التربة وتزداد نسبة التشبع بالقواعد ويرتفع رقم حموضة التربة ليقترب من التعادل.

وبما أن الترب الحامضية تنتشر عادة في ظروف مناخية رطبة لذلك فإن غسلها أو ريها بعد اضافة الجير لا مبرر له لأن رطوبة التربة عادةما تكون كافية لإتمام التفاعل بصورة مقبولة، ويجب في هذه الأحوال الاهتمام بتسميد الترب واختيار المحاصيل الملائمة أثناء فترة الاستصلاح التي لا تستغرق وقتاً طويلاً كما هو الحال في استصلاح بعض الترب القلوية.

تنتشر الترب الحامضية في المناخات المطيرة من سورية، إذ تشغل مساحة لا بأس بها في الجبال الساحلية وغرب حمص (ظهر القصير والشين)، كما تصادف في محافظة القنيطرة وفي غرب محافظة درعا وفي ظهر الجبل في محافظة السويداء. وقد حددها المؤلف كترب قرفية مغسولة (أبو نقطة 1982) قد ينخفض رقم حموضتها نادراً إلى 5 ولكنه في الغالب أكثر من 6، وذلك في ترب حوض اليرموك.

ويبيّن الجدول (11 – 3) رقم حموضة أحد مقاطع الترب القرفية المغسولة في حوض اليرموك (شرق مدينة القنيطرة).

الفصل الثاني عشر

الترب المستنقعية أو العضوية

Boggy Soils (Histosols) واستصلاحها

عملية التكوين المستنقعي للتربة :

تتميّز هذه العملية بتجمع المواد العضوية في التربة على شكل خث Peat وبتكوين آفاق الوحل Gleyification وهي مرتبطة بارتفاع الرطوبة الناشئة عن مختلف الأسباب ومصدرها إما الماء السطحي أو الأرضي .

إذ يمكن للمياه السطحية أن تتجمع في المنخفضات كما يمكنها أن تتجمع على المنبسطات من التضاريس عندما ينعدم الجريان السطحي أو نتيجة للنفاذية الضعيفة للماء وبخاصة عندما يوجد أفق كتيم غير منفذ في التربة أو في المواد الأم.

عند توضع الماء الأرضي على عمق قليل في التربة فإنه يرتفع إلى السطح ويشبع الآفاق السطحية فيوفر الظروف الملائمة لنشوء ونمو النباتات المستنقعية.

ومن الأسباب الرئيسة التي تؤدي إلى تحوُّل المروج إلى ترب مستنقعية تجمُّع كميات كبيرة من المواد العضوية نتيجة لنشاط عملية التكوين العشبي واستمرارها.

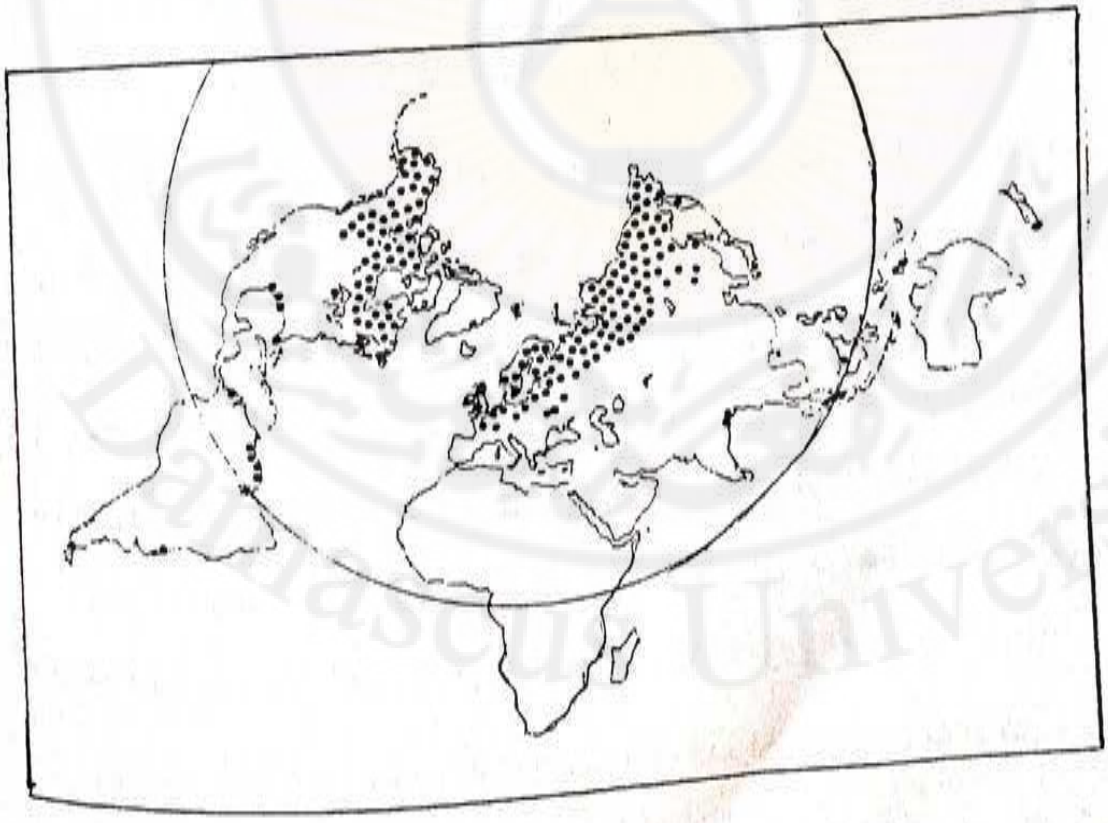
إن تجمُّع المخلفات النباتية والمواد العضوية في هذه الحالة يزيد سعة الرطوبة في التربة وتكون سبباً في نشوء الترب المستنقعية، كما أن للرعي غير المنظّم في كثير من الأحيان أثراً واضحاً في الإسراع بعملية تكوين الترب المستنقعية أيضاً، إذ يعمل على

تراص وتماسك التربة والإساءة إلى الصرف وانتشار الطحالب وإطالة مدة ركود الماء على سطح التربة.

إن وجود الرطوبة الزائدة في التربة يحدد اتجاه عملية تكوين التربة فتظهر وتنمو بسرعة النباتات المستنقعية المحبَّة للماء أو التي تستطيع العيش فيه، كما أن زيادة الرطوبة تعمل على قلة أكسجين الهواء الجوي في التربة، وهذا يؤدي إلى إبطاء سرعة تحلل المخلفات العضوية وعدم تحللها بشكل نهائي أي إلى مرحلة تمعدنها، نتيجة لهذا تتجمع مواد نصف متحللة بشكل خث يؤلف الجزء الأساسي في الترب المستنقعية الخثيَّة.

ومع تجمع الخث تجري عمليات الإرجاع التي تؤدي إلى تكوين وتجميع مختلف المركبات المرجعة لانعدام الأكسجين اللازم لعمليات الأكسدة.

تبيِّن الخريطة (12 – 1) المواقع الرئيسة للهيستوسول.



نشوء الترب المستنقعية الخثية وتطورها :

تتغير هذه الترب باستمرار منتقلة من طور لآخر، وكمثال على تطور عملية التكوين المستنقعي نورد ما يجري في الترب المستنقعية المتكونة تحت تأثير الماء الأرضي وكذلك ما يحدث في المنخفضات وفي المناطق التي تغمرها مياه الأنهار حيث يظهر الماء الأرضي على سطح الترب بشكل ينابيع.

وبما أن الماء الأرضي يحتوي على كمية من الأملاح الذائبة لذا تنمو وتتأقلم النباتات المستنقعية التي تعتمد على التغذية المعدنية بالدرجة الأولى وأكثرها انتشاراً هو السعد (Garex) وبعض الأعشاب الحبيّة والقصب (Phragmites Communes) وبعدها بعض أنواع الطحالب، أما الأنواع الشجرية فهي الصفصاف (Salix) والبيتيولا (Betula) والحور الرومي الأسود (Alnus glutines) والحور الرومي والرمادي (Alnus ancana) وغيرها.

وتسمى هذه الترب في هذه المرحلة من عملية التكوين المستنقعي بالترب المستنقعية الخثية المنخفضة أو المنخفضات .

ومع مرور الزمن عندما يبلغ ارتفاع الخث المنخفض مقداراً كبيراً ويفقد الماء الأرضي تأثيره المباشر في تغذية النباتات وتصبح الظروف غير ملائمة لحياة السعد والنباتات الحبيّة، تدخل هذه الترب مرحلة جديدة من التطور تترافق مع زوال النباتات القديمة وتكوين مجموعات نباتية جديدة.

وتنتشر في هذا الوقت الطحالب من جنس sphagnum وكذلك بعض النباتات الزغبية وغيرها التي لا تتطلب احتياجات غذائية كبيرة. ويظهر مكان الأنواع الشجرية بعض الصنوبريات المستنقعية القزمة وكذلك بعض الشجيرات المستنقعية، ويطلق على هذه المرحلة الإنتقالية، أو المستنقع الإنتقالي.

يكون سطح المستنقع الإنتقالي مستوياً ويضعف حلول الماء الأرضي فيه وتكون التغذية المَعدنية غير كافية وتعتمد تغذية النباتات المستنقعية على مياه الهطل بالدرجة الأولى.

ومع استمرار تراكم الخث فإن كثيراً من النباتات النامية فوقه تموت بالتدريج وتصبح السيادة هنا للطحالب وتسمى هذه المرحلة من التكوين المستنقعي العالية أو المستنقع العالي.

أما تكوين الترب المستنقعية في البحيرات غير العميقة أو المستنقعات أو مسطحات المياه فيجري بشكل آخر. إذ تبدأ عملية تكوين الخث من النباتات المائية حيث تأخذ بملء المسطّحات المائية تدريجياً بالمخلفات النباتية.

وعندما تمتلئ هذه المسطّحات بالمواد العضوية تبدأ بالظهور مختلف أنواع النباتات الحبيّة والسعد ثم تبدأ عملية التكوين المستنقعي بدءاً من الطور المنخفض فالمتوسط أو الإنتقالي ثم العالي.

ويوضح الشكل (12 – 1) مراحل تكوين الترب العضوية.

تتكون الترب المستنقعية الخثية من أفقين : أفق الخث، يتوضع تحته أفق معدني تظهر فيه عملية التوحّل (Gley).

إن التركيب الكيميائي للخث معقد جداً، إذ يحتوي على كل العناصر التي تدخل في تركيب النباتات المكونة له. وبما أن النباتات المكوّنة للخث معقدة الأنواع والتراكيب لذا فإن تركيب الخث شديد التباين أيضاً.

ومن مميزات الخث انخفاض ناقليته الحرارية وارتفاع سعته الرطوبية كما يستطيع امتصاص الغازات بدرجة عالية.

يمكن استعمال الخث كأسمدة عضوية بعد إجراء المعاملات وإغنائه ببعض العناصر الضرورية لحياة النباتات كالفوسفور والبوتاسيوم والعناصر الدقيقة.

الترب العضوية Histosols : (حسب المدرسة الغربية)

اشتقت التسمية من اللغة اليونانية histos تعني نسيجاً tissue ؛ وهي الترب الغنية بالمواد العضوية الطازجة أو المتحللة جزئياً.

المواصفات العامة :

الترب العضوية Histosols أو ترب الخث Peat soils تحتوي على أفق H سماكته 40 سم أو أكثر بدءاً من السطح، ويبلغ 60 سم أو أكثر إن تألف من السفاغن Sphagnum أو الطحالب moss أو كانت كثافته الظاهرية أقل من 0,1 غ/سم^3، أو ذاك الذي يمتد من السطح إلى الأعماق بصورة تراكمية في الـ 80 سم السطحية للتربة، إن سماكة الأفق H قد تكون أقل من ذلك عندما يتوضع على الصخور أو على الشظايا الصخرية عندما تمتلئ شقوقها أو الفراغات بينها بالمواد العضوية. ويشك بعض الباحثين في عدّ الهيستوسول تربة، ويفضلون اعتبار تجمع تلك المواد العضوية كمادة أم، على الرغم من إمكان تحديد عدد من الآفاق المتمايزة أو الطبقات التي تتصف بخصائص نوعية وبطرائق تكوينها.

مورفولوجية الترب العضوية Morphology of Histosols :

ليس هناك تمييز واضح في السطح بين المواد العضوية الميتة والمواد الحية، وتظهر متسلسلة (متعاقبة) وبخاصة عند وجود كمية كبيرة من السفاغن ضمن المجموعات النباتية.

يتكون الأفق السطحي الذي يمكن أن يبلغ 40 سم أو أكثر من بقايا نباتية ليفية سهلة التمييز أو التحديد، تدعى مواد ليفية (Fibric material; Fibron-Fi) مظهرةً قليلاً من علامات التفسخ - وتتغير هذه المواد تدريجياً مع العمق مكونة مواد بصورة ألياف كاذبة أكثر تفسخاً(hemic material; pseudofibron-Pd) تظهر

بصورة ألياف لكنها سهلة التحطُّم عند فركها بين الأصابع. ويمكن أن يبلغ عمق هذا الأفق 40 سم أو أكثر ويتدرّج مع العمق إلى مادة ذات درجة متقدمة من التفسخ بصورة كتلية سوداء، وهي مادة أمورفية وجيلاتينية عندما تفرك بين الأصابع، وتسمى متعفن، متفسخ (Sapric material أو amorphon . Ap)، ولا تُعد هذه آخر مرحلة من مراحل التفسخ وإنما يمكن أن تتحول وببطء المواد العضوية في ظروف معينة إلى سيدريت (كربونات الحديدي)، ومن الصعب التمييز بين المواد العضوية في مراحل تفسخ متقدمة وبين السيدريت بالعين المجردة وإنما يمكن التمييز بينهما في الشرائح الرقيقة، إذ يبدو السيدريت في الشرائح الرقيقة كبلّورات شبه دائرية أو إبرية الشكل.

آفاق الترب العضوية Horizons in Histosols :

لهذه الترب عدة آفاق خاصة، تتحدد استناداً إلى طبيعة أصل المواد ودرجة تحللها وظروف تكوّنها. ويبين الجدول (12 – 1) تلك الآفاق حسب التصنيف الأمريكي USDA.

جدول (12 – 1)

اسم الأفق	رمزه	وصفه
1 ـ مواد ليفية Fibric material	Oi	ليفي ومتحلل جزئياً
2 ـ مواد نصفية Hemic material	Oe	ليفية ولكنها تتحطم عند فركها بين الأصابع ـ ليفية كاذبة.
3 ـ مواد متفسخة Sapric material	Oa	مرحلة متقدمة جداً من التحلل
4 ـ مارل Marl	Lca	ترسبات من هياكل الحيوانات الصغيرة
5 ـ أرض روثية المنشأ Coprogenous earth	Lco	ترسبات من روث وبراز الحيوانات المختلفة
6 ـ أرض مشطورية Diatomaceous earth	Ldi	أرض مشطورات
7 ـ مواد عضويةمتجمدة Frozen O. M.	F	مختلف أنواع المواد العضوية المتجمدة
8 ـ مواد دبالية حديدية Ferrihumic M.	cn	تراكمات سوداء من الحديد والمنغنيز

تكوين الهيستوسول :

تتكون الترب العضوية باستمرار على تلك السطوح التي تبقى رطبة وتصلها المواد العضوية باستمرار. ولأن مثل تلك السطوح تتواجد في معظم المناطق ذات المناخ الرطب فإن من الصعوبة عمل تعميم بسبب الإختلاف الواسع للأنواع التي تضاف إلى السطح وكذلك نتيجة لتنوع التركيب الكيميائي للماء المسبب للترطيب. وعموماً يوجد سببان رئيسان للعمليات اللاهوائية. إذ يمكن أن تنشأ عن تراكم المياه في التضاريس الطبيعية المنخفضة كما يمكن أن تتسبب عن ارتفاع الهطل وزيادة الرطوبة. ويؤدي السبب الأول إلى تكوين الترب العضوية في الأحواض Basin Histosols بينما يؤدي المناخ الرطب إلى تكوين الهيستوسول الغطائي Blanket Histosols. وفي كثير من الأحيان يؤدي وجود طبقة غير نفوذة مثل طبقة الحديد الرقيقة Placic Hor . Thin Iron Pan أو التجمد الدائم إلى تجمع الماء على السطح مشكلاً الهيستوسول، ومثل هذا التكوين يندرج تحت الهيستوسول الغطائي.

هيستوسول الأحواض Basin Histosols وهي تقابل الترب المستنقعية المنخفضة:

يحدث هذا الشكل من الترب عادة في السطوح المنبسطة جداً في المواقع المنخفضة، وعلى شرفات الوديان، وبين الجرافات الجليدية وفي الأهوار Lagoons التي تتوضع عادة في الدالات.

بدأت هيستوسول الأحواض بالتراكم خلال الـ 10 آلاف سنة الأخيرة، وأصبح لها بنية مطبقة مميّزة ناتجة عن تعاقب المجتمعات النباتية التي استعمرت المنطقة خلال الفترة المذكورة. وقد يرجع التعاقب الواضح إلى تغيّر المناخ الذي انعكس على الغطاء النباتي ومخلفاته. ومن الأمثلة على هذا النوع من الترب ما يوجد في

فجوات غابات فلوريدة، خث مستنقعات شمال أوروبة وتوضعات الخث في كثير من سواحل مناطق المدارات الرطبة مثل غوايانة وغرب بورنيو.

ويبيّن الشكل (12 – 1) السابق مراحل تطور تكوين الترب العضوية.

تزيد سماكة هذه الترب في بعض الأحيان على 10 أمتار وتختلف بشدة في محتواها المعدني. إذ تحتوي الأجزاء العميقة منها عادة على مقدار كبير نسبياً من المواد المعدنية، ثم تقل نسبة المادة المعدنية في الطبقات العليا.

يختلف محتوى الكاتيونات ورقم الحموضة في الترب العضوية بدرجة كبيرة تبعاً لتركيب الماء المسبب لنشوئها ولنشاط العمليات اللاهوائية. فعندما يكون الماء حامضياً فسيعمل على تكوين ترب حامضية، أما إذا كان الماء محملاً بأملاح الكالسيوم فسيكوّن خثاً قريباً من التعادل في رقم حموضته، وقد تشارك هياكل القواقع المائية لتتراكم بين طبقات الخث أثناء ترسُّبها. وتعد المستنقعات في شرق انكلترة من الأمثلة المعروفة جيداً عن الخث الغني بالقواعد.

ب ـ الهيستوسول الغطائية Blanket Histosol وهي تقابل الترب المستنقعية العالية :

يتكون هذا الشكل من الترب في المناطق ذات الهطل العالي وبخاصة عندما تعمل الرطوبة العالية على تبليل سطح التربة مما يخفض معدل تفسخ المخلفات النباتية المتساقطة أو المتوضعة في وسط رطب إذ ينحصر التفسخ بالأحياء اللاهوائية في التربة. وتتوافر مثل هذه الشروط في نطاقات عريضة تمتد خلال شمال أوروبة وأواسط كندة إذ من المحتمل أن يكون موسكج Muskege كندة هي أوسع مساحة مفردة في العالم. كما تتوافر مثل تلك الظروف في المناطق المدارية العالية الرطبة.

وعلى الرغم من أن خث ترب الأحواض متباين جداً في تركيبه تبعاً لنوعية المياه إلا أن الخث الغطائي هو حامضي دائماً نظراً لتكونه تحت تأثير ماء الهطل.

ويتصف هذا النوع من الخث بأنه أكثر تفسخاً نظراً لتعرضه للجفاف خلال فترة معينة في السنة شديدة الجفاف. كما أن حركة مياه الهطل خلال الخث تؤمن تياراً من الأكسجين يساعد على تفسّخ محدود لبعض المخلفات النباتية.

لا تبلغ سماكة هذا الخث عادة أكثر من ثلاثة أمتار وتتوضع عادة فوق الصخور أو الترب القديمة وبخاصة البودزول الطبقي Placic Podzol. وبما أن الظروف المناخية هي المسؤولة الرئيسة عند تكوين هذه الصورة من الخث لذلك فإنها تشاهد على مختلف الأشكال التضريسية وحتى المنحدرات التي يصل انحدارها إلى 25°. وفي مثل هذه الحالة يمكن أن يتعرض هذا الخث للإنجراف ويجري بصورة كتلية إلى الأسفل مع اتجاه الإنحدار وبخاصة في المناخات الباردة. ومع ازدياد سماكة الخث يزداد أمكان احتوائه على كثير من الرواسب المتعددة مثل الرماد البركاني الذي يلاحظ في خث ايسلندة. ويساعد مثل هذا التطبق في تحديد عمر الخث.

ويختلف النوعان المذكوران بصورة رئيسة تبعاً لمصدر المياه المسببّة لهما. فالهيستوسول الغطائية تتكون تحت تأثير الماء الجويّ (الهطل) بينما تنشأ هيستوسول الأحواض أو المنخفضات بفعل الماء الأرضي، أو في المسطحات المائية.

انتشار الترب العضوية :

تبلغ مساحة الترب العضوية في العام نحو 150 مليون هكتاراً يتواجد معظمها في الأجزاء الباردة الرطبة من العالم. والدول التي تحتوي على أكثر من 5 مليون هكتاراً في كل منها هي : الجزر البريطانية، كندة، فنلندة ، ألمانية، الولايات المتحدة، روسية. وتبين الخريطة (12 – 1) السابقة انتشار الترب العضوية في العالم.

استخدام الترب العضوية واستصلاحها :

شكّل الخث وقوداً تقليدياً لكثير من أجزاء العالم لفترة طويلة إلا أن له قيمة كبيرة للأغراض الزراعية تفوق الفائدة من حرقه. ورغم هذا فإنه ما زال يستخدم

كوقود في بعض المناطق لتوليد البخار لعنفات ضخمة في بعض أنحاء روسية وألمانية وإيرلندة.

ويمكن أن يسبب استخدام الهيستوسول في الزراعة عدداً من المشكلات ويمكن عند تجاوزها جني غلال عالية من المحاصيل الزراعية. فإذا ما وجدت هذه الترب في الغابات فيجب إزالة الأشجار وجذولها ثم إقامة الصرف وتعد هذه من العمليات الحرجة، إذ أن الإفراط في الصرف يمكن أن يؤدي إلى تجفيف زائد يعمل على تشكيل وحدات بنيوية حبيّة صلبة لا تستطيع أن تمتص الماء ثانية عندما تتعرض للترطيب. وهذا ما يميّز وبخاصة الآفاق التي تحتوي على نسبة عالية من الغرين (الغبار) أو تحتوي على كمية ملحوظة من الحديد. وتكون النتيجة رشح الماء بسرعة عالية مما يؤدي إلى عطش النباتات. وفي كثير من الأحيان يجب إضافة الجير أو الكلس لأن معظم هذه الترب حامضية، كما تجب إضافة المغذيات الصغرى وبخاصة النحاس والبورون، إضافة إلى أن تيسر المغذيات الكبرى يكون منخفضاً لذا يجب الإهتمام باستخدام الأسمدة النتروجينية والفوسفورية والبوتاسية.

يُستخدم الخث على نطاق واسع في زراعة بعض المحاصيل مثل : البصل، الجزر ، الكرفس ، والقرنبيط، إلا أنه يجب اختيار الأصناف الملائمة له.

وتنشأ في كثير من الأحيان مشكلة لدى زراعة هذه التربة لفترة طويلة تتلخص بهبوط أو انخفاض التربة مما قد يؤدي إلى خفض المنطقة وهذا يعيق إمكان الصرف بالجاذبية.

أما زراعة الأشجار في هذه الترب فهي أكثر صعوبة وبخاصة على الخث الغطائي Blanket والذي يكون عادة معرضاً لتأثير الرياح مما يسبب عدم صمود الأشجار . وعلى الرغم من ذلك فإن كثيراً من المناطق قد صرفت المياه منها وحرثت وأخصبت وزرعت بالأشجار في الوقت الحالي وجاءت النتائج مشجعة.

يستخدم الخث بصورة واسعة كمادة لملء الأصص وزراعة نباتات الزينة أو الخضراوات، كما يستخدم مهداً في البيوت البلاستيكية، وفرشات في الإسطبلات قادرة على امتصاص مخلفات الحيوانات. كما يخلط مع الترب الزراعية ليغنيها بالمادة العضوية. وتختلف مواصفاته حسب مصدره فهناك الخث الطحلبيّ والخث العشبي والخث الشجري التي تتباين في قيمتها وأهميتها. وكثيراً ما تضاف بعض المغذيات للخث قبل طرحه للبيع في عبوات خاصة.

ولقد سبقت الإشارة إلى أن بعض الترب العضوية أو المستنقعية تكون متعادلة الحموضة وذلك إذ شارك في تكوينها ماء أرضي غني بالجير أو تكونت على ترب كلسية مع ضعف في عملية الغسل أو حتى إن تشكلت في مسطحات مائية كلسية أو مالحة. إما إذا تكونت تحت تأثير ماء المطل فستكون حامضية التفاعل.

لا تحتل الترب العضوية في الوقت الحاضر أهمية تذكر في سورية بعد تجفيف مستنقع الغاب حيث كان يحتوي على ترب مستنقعية قبل تجفيفه واستصلاحه.

الدكتور
فلاح أبو نقطة
أستاذ في كلية الزراعة
جامعة دمشق

استصلاح الأراضي (2)

حقوق التأليف والنشر والطبع محفوظة لجامعة دمشق

منشورات جامعة دمشق

1416 - 1417 هـ

1995 - 1996 م

الفصل الأول

الترب المتأثرة بالأملاح

Salt - Affected Soils

تحتوي الترب على مقادير متباينة من الأملاح الذوابة في الماء ومن الصوديوم الممتز على سطوح غرويداتها، وإن زيادة نسبة الأملاح هذه أو الصوديوم الممتز على حد معين تؤدي إلى إعاقة النمو العادي للمزروعات وبالتالي إلى انخفاض مستوى إنتاجيتها. وتدعى مثل تلك الترب تراباً متأثرة بالأملاح أو متملّحة، وهي تضم الترب المالحة Solonchaks والترب القلوية Solonetz والترب المالحة القلوية Solonchak-Solonetz وغيرها.

تشغل هذه الترب مساحات واسعة من الأراضي الزراعية في العالم في مختلف المناخات وبخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة، ويبيّن الجدول (1 ــ 1) مصادر الترب في العالم والعوامل الرئيسة التي تحد استخدامها في الزراعة، وتدل الدراسات المتعددة إلى أن نسبة هذه الترب تزيد على 7 % من مساحة اليابسة، وتصل إلى نحو 50 % من مساحة الأراضي المروية، لذا فإن معظم بلدان العالم تعاني من مشكلة ملوحة الترب بدرجات متفاوتة، إن هذه المشكلة آخذة بالتفاقم نظراً لتوسع رقعة الأراضي المروية في العالم وما يرافقها من سوء استخدام الوسائل الكفيلة بالحد من انتشار الملوحة أو التخلص منها. وتبيّن الجداول (1-2،4) توزع الترب المالحة والمقلونة في العالم موزعة على القارات والبلدان.

جدول (1 - 3) توزّع الأراضي المتأثرة بالأملاح في العالم عدا أوروبة

(المساحة بآلاف الهكتارات)

Country	Solonchaks	Saline phase	Solonetz	Alkaline Phase	Total
North America					
Canada		264	6 974		7 238
U.S.A.		5 927	2 590		8 517
Mexico and Central America					
Cuba		316			316
Mexico	242	1 407			1 649
South America					
Argentina	1 905	30 568	11 818	41 321	85 612
Bolivia		5 233	716		5 949
Brazil	4 141		362		4 503
Chile	1 860	3 140		3 642	8 642
Colombia	907				907
Equador	387				387
Paraguay		20 008	1 894		21 902
Peru	21				21
Venezuela	1 240				1 240
Africa					
Afars and Issas Territory	59	1 682			1 741
Algeria	1 132	1 889		129	3 150
Angola	126	314	86		526
Botswana	1 131	3 878		670	5 679
Chad	2 417		3728	2 122	8 267
Cameroon				671	671
Egypt	3 283	4 077			7 360
Ethiopia	319	10 289		425	11 033
Gambia		150			150
Ghana	200			118	318
Guinea		525			525
Kenya	3 501	909		448	4 858
Liberia		362	44		406
Libya	905	1 552			2 457
Madagascar	37			1 287	1 321